FONDO PIZZOFALCONE

35-B-64

15822

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio VI

Palchetto

Num.° d' ordine

NAZIONALE
B. Prov.
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III
1053
NAPOLI

83- Conf-
II
1053

Digitized by Google

Digitized by Google

610249

FISICA POPOLARE

PER

F. H. HELLMUTH

RIVEDUTA, EMENDATA, ED AMPLIATA

DAL PROFESSORE

F. G. FISCHER

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

PRIMA VERSIONE ITALIANA
CONDOTTA SULLA DECIMAQUARTA EDIZIONE TEDESCA

adorna di 278 incisioni in legno intercalate nel testo.

TORINO
CUGINI POMBA E COMP.
1854.

Digitized by Google

Digitized by Google

GLI EDITORI

Consigliati da uomini peritissimi e chiari nelle Scienze Fisiche abbiamo fatto tradurre dal tedesco in italiano questo Manuale che l'Autore ristampava per la sesta volta nel decembre 1848, e che dopo la sua morte rivisto, rifatto e recato a livello delle più recenti scoperte dal prof. Fischer, è giunto rapidamente alla decimaquarta edizione. E veramente l'opera è degna di quelle raccomandazioni e del favore del pubblico. Il primo suo pregio è la chiarezza; pregio rarissimo nei compendi; che nel condensare la materia della scienza, omettono molte idee intermedie, che quasi anella ne concatenano le parti. Pretendono accennar tutto e presuppongono continuamente nozioni sconosciute affatto allo studioso. L'Hellmuth, al contrario, prende quanto v'è di fondamentale e di essenziale nelle dottrine fisiche; lo espone con ordine naturale e progressivo, sviluppando bene le parti capitali che ha preso ad illustrare. La chiarezza presuppone un altro pregio; l'esattezza dell'espressione. E l'Hellmuth accopia il rigore scientifico ad

Digitized by Google

una perspicua facilità di dettato. Tutte le teorie ed applicazioni importanti sono esposte con pienezza nei lor punti essenziali ed in relazione al presente avanzato stato della scienza. Le esperienze sono bene elette; le più conchiusive; e, quando è possibile, facili a ripetere e verificare.

La versione fu condotta con diligenza e riveduta da uno dei nostri più valenti professori di scienze naturali. Per le quali tutte cose ci confidiamo che gl'Istituti e gli studiosi faranno a questo libro le più liete accoglienze.

Digitized by Google

INTRODUZIONE.

Dovunque noi ci troviamo, siamo circondati da oggetti che eccitano la nostra attenzione, e ci si presentano fenomeni degni della nostra considerazione. Se leviamo gli occhi al firmamento, vediamo rilucervi, di giorno il sole; di notte la luna e le stelle; se li rivolgiamo alla terra, vi scorgiamo oltre noi e i nostri simili, animali, piante, minerali, monti, valli, acque e va discorrendo; diversi augelli ci allietano col loro canto, quasi innumerevoli fiori e farfalle con le belle lor forme e la pompa dei loro colori. Oggi le piante sono imperlate dalle stille della rugiada, domani tremendi lampi guizzano per l'aere, e gravi tuoni rimbombano sull'alture della terra. Questi oggetti e fenomeni come anche altri simili a loro sono il subbietto della *scienza della Natura, scienza infinitamente ricca, immensamente importante, che rasserena lo spirito e scorge il cuore a Dio.*

Se noi ci studiamo di rinvenire in un corpo naturale i caratteri che lo distinguono da ogni altro, o di assegnargli il posto che gli compete in un dato sistema, noi ce ne occupiamo nel modo che richiede la *Storia della Natura*, la *Descrizione della Natura*. La *Zoologia*, la *Botanica* e la *Mineralogia*, ovveramente la *Scienza degli animali, delle piante, dei minerali*, sono la parte principale di questo primo gran ramo della scienza della natura. Se noi all'incontro investighiamo le variazioni a cui un corpo è soggetto, o anche le forze che le producono, e le leggi che in certo modo le regolano, le nostre investigazioni appartengono al secondo gran ramo della conoscenza della natura, vale a dire alla *Dottrina della Natura* o alla *Fisica*. Chi poi sa in quante parti secondarie si divide questo ramo, approva certamente che io mi restringa qui a quelle divisioni, ch'esso ramo comprende nel suo più ristretto significato. Pertanto io non tratto della *Conoscenza fisica*

della terra e del cielo, che considera il complesso dei fenomeni nella loro concatenazione; non della *Chimica* o *Analisi de' corpi* che trovai principii, di cui constano i corpi, e i modi in cui si presentano in essi; non della *Fisiologia* che riporta i fenomeni dei corpi naturali animati od organici alle leggi della natura; ma tratto senza più della *Dottrina meccanica della Natura,* il cui precipuo proposito è di *spiegare le variazioni delle condizioni estrinseche dei corpi inanimati o anorganici.*

Avendo in animo di conoscere le leggi, giusta le quali succedono le variazioni dei corpi, noi non possiamo far meglio che prendere a nostra guida l'esperienza. Nel dominio della fisica, essa sola ci conduce, se è possibile, sicuramente allo scopo. Quello che noi abbiamo a osservarvi particolarmente vi sarà chiaro con un esempio. Poniamo che uno prenda in mano una pietra e poi la lasci in abbandono a se stessa; ella cade a terra. Un tal evento noi lo chiamiamo un *fenomeno* o *fatto naturale.* La porti sopra un'alta torre, e le levi di sotto il suo sostegno, è manifesto che la pietra ripeterà quel movimento, cadrà, ma *è ella caduta ora come la prima volta? o vi fu un divario tra i suoi due movimenti? Forse la sua velocità si mutò o restò la stessa per ogni successivo tempuscolo? Anche altri corpi, trattati in simil modo, ricadrebbero sulla superficie della terra? Come si comportò finalmente in questo fatto naturale l'influenza dell'aria?* Queste e simili considerazioni son quelle che noi dobbiamo instituire ad ogni fenomeno naturale, e per esse, appoggiati da atte esperienze, quasi sempre, purchè la debolezza del nostro spirito lo consenta, arriveremo alle leggi regolatrici della natura. Da questo metodo della *esperimentazione pura* noi distinguiamo il *metodo matematico.* Che affinità abbia con quel metodo, mediante il quale tanti grandi ingegni delle età passate fecero sì mirabili progressi, noi lo vedremo bastevolmente e reiteratamente nel ragguaglio e giudizio dei meriti segnalati di un Keplero, di un Newton, di un Galileo e d'altri. Chi poi riporta un fenomeno ad una legge di natura già scoperta, lo *spiega,* e chi inoltre quando manca una tal legge, forma un nuovo presupposto, arricchisce la scienza d'un' *ipotesi.* Molte ipotesi nel corso del tempo sono state elevate alla dignità di leggi naturali.

Il vantaggio che arreca lo studio della fisica è inestimabilmente grande. Già il mio semplice esempio sopra la caduta dei corpi dimostra, come specialmente questo ramo d'instruzione condotto in modo acconcio, sia atto a rafforzare la *potenza cogitativa, specialmente la potenza giudicativa pratica. Cilibera inoltre da ogni vana paura, in cui l'ignoranza precipita sì spesso l'uomo, ci fa guardare al cielo più liberamente, promuove in molti modi la nostra*

Digitized by Google

quiete e sodisfazione, e ci procaccia la più compiuta vittoria sopra la superstizione. Chi per esempio temerà il dragone di fuoco, che scorre per l'aria, o i fuochi fatui che guizzano qua e là sui paduli, quando sa che cosa sono e da che provengono? Le pioggie sanguigne, lo spezzarsi improvviso d'un bicchiere e va discorrendo non spaventano più coloro che hanno acquistato notizia delle cose naturali. Chi conosce che una cometa non è presagio nè di male, nè di bene, che viene e va alla sua ora, sa chiarirsi della maggior parte degli altri fenomeni della natura, ed eziandio di quelli di cui ignora peranco le cagioni; non dice mai al loro apparire, ahimè che vorrà mai dire? che disgrazia o fortuna ne verrà?... Egli si duole senza più della debolezza della sua intelligenza; e comprende che nessun uomo mortale può penetrare tutti i misteri della natura. *In terzo luogo la fisica s'attiene a tutte le relazioni della vita civile.* Lasciando stare i navigli e trasporti a vapore, onde si spediscono i più grossi carichi, la galvanoplastica e la telegrafia elettrica, e va discorrendo, che i grandi e gl'infimi, e dotti e gl'indotti riguardano con ammirazione; vi sono ancora innumerevoli altri oggetti che s'appoggiano sopra una perfetta conoscenza delle leggi della natura e senza cui noi non godremmo tante comodità, non eviteremmo tanti pericoli che ci minacciano. Di quale utilità non è il solo termometro? E non sono degni di fama e di gratitudine i vantaggi che ricaviamo dai sifoni, dalle trombe a acqua, dagli argani, dai polispasti, da occhiali e microscopii, parafulmini, trombe e altri instrumenti? Se la costruzione bassa delle case, se il troppo riscaldar delle stanze, se il continuo tener chiuse le finestre, se l'asciugar vestimenta molli ad una stufa calda e simili hanno ordinariamente cattive conseguenze, la fisica ci può spiegare gli effetti e insegnarci di evitarli. Chi altri che lei ci fa conoscere più largamente i mezzi, onde possiamo perfezionare l'industria, crescere la ricchezza, conservare la sanità, purgare l'aria delle camere, dare un gradevole gusto alle vivande, o richiamare in vita i già asfissiati, agghiadati o affogati? *In ultimo la fisica promuove una più elevata sensibilità, e scorge il cuore del pensatore veracemente devoto a Dio, alla somma sapienza, somma potenza e sommo amore!* Chi potrebbe esempligrazia studiare a fondo l'artificiosa struttura dell'occhio, e le grandi leggi, giusta le quali i corpi celesti si muovono in eterna forza, ordine ed armonia senza inginocchiarsi in profonda adorazione a Colui del quale disse il Re profeta: « I cieli narrano le maraviglie di Dio, e la terra annuncia l'opera delle sue mani! »

SEZIONE PRIMA.

Delle proprietà generali dei corpi.

---

§. 1.

Cenni intorno ai corpi e alle loro proprietà in generale.

Chi va attorno a occhi chiusi in una stanza, mette quasi involontariamente le mani avanti per salvarsi da ogni urto, e le lascia scorrere sopra tutte le seggiole, tavole, brevemente sopra tutti gli oggetti che gli fanno ostacolo. Ma nel fare l'ultimo atto s'accorge *che essi cominciano a certi punti, finiscono in altri, o che essi*, come noi sogliamo esprimerci comunemente, *occupano una parte dello spazio generale*. Per questo conto noi li chiamiamo *corpi*. Alla quale denominazione però avrebbe potuto già indurci la circostanza che il finto cieco le *sentiva* e trovava *palpabili*. Dopo il tatto, la vista è quella che ci dice meglio se noi abbiamo innanzi un corpo o no. Tuttavia tutto quello che noi possiamo vedere non è un *corpo*: imperocchè vi sono cose che l'occhio vede, come l'ombra al muro, l'imagine allo specchio, e non sono corpi; ed altre (ricordatevi i gas) che sebbene posseggano tutte le proprietà dei corpi, gli restano celati. *Solo una cosa che è tangibile, ed occupa una parte dell'immenso spazio, appartiene al mondo materiale.*

Ecco una calamita: quando io la metto in contatto con fina limatura di ferro, noi vediamo che essa limatura vi resta attaccata, e impariamo insieme a conoscere una delle sue proprietà. Io ripeto il mio sperimento, ma invece della calamita mi servo d'un pezzetto di legno. Ed ecco: neppure una particella di ferro vuole unirsi a questo corpo. Così è manifesto che quella proprietà che la calamita ci rivela con l'attrazione della limatura di ferro non si trova già in tutti i corpi, e può pertanto non trovarsi in una cosa, senza che ella cessi d'essere corpo. Io ripongo la calamita sulla tavola; si può egli imaginare che il pezzolino di legno occupi nell'identico istante il medesimo posto che tiene la calamita? giammai! Ora ponete mente! Quello che noi abbiamo

veduto seguire nel legno e nella calamita, segue pure tra gli altri corpi; sì, una cosa sparirebbe dal mondo materiale se perdesse solo questa proprietà! Notate adunque!

Le proprietà della prima specie, che si appalesano solo in certi corpi, si chiamano SPECIALI. — *Le proprietà dell'ultima specie, che appartengono per conseguenza a tutti i corpi, e che essi ritengono in ogni condizione, si chiamano proprietà* GENERALI: fra l'ultime annoveriamo *l'estensione, la porosità, l'impenetrabilità, la divisibilità, l'attrazione e l'inerzia.* Quai fondamenti o ragioni abbiano altri di connumerare alle proprietà generali l'*elasticità*, la *dilatabilità*, la *compressibilità*, si vedrà, data l'occasione, a'suoi luoghi nel processo dell'opera.

§. 2.

Dell'estensione dei corpi.

Gli esperimenti più superficiali c'insegnano che un libro, una tavola, un tegolo, brevemente, che ogni corpo può essere misurato per tre differenti versi. Appunto questa proprietà si chiama *estensione.* Nelle ombre che si dipingono al muro noi possiamo veramente ricercare a quanto ascenda la lunghezza e la larghezza de' corpi, ma dell'altezza, che noi in certi corpi chiamiamo grossezza e profondità, non si trova il menomo vestigio. Tutto il resto ch'è necessario a sapere intorno all'estensione, io lo racchiudo nei quattro seguenti punti:

1. *Dalla circostanza che ciascun corpo occupa solo una parte dello spazio generale dipende la sua figura.* Che noi stessi là dove l'imperfezione dei sensi c'impedisce di scorgere le parti materiali, non ci possiamo trattenere di attribuire loro almeno un certo posto nello spazio, lo mostrano le particelle di luce, delle quali parliamo, come di corpuscoli, e le vibrazioni ondulatorie dell'etere, di un fluido elastico, estremamente sottile, che noi ci studiamo di determinare misurandolo nello spazio. La figura è poi assai diversa nei corpi. *I corpi regolarmente limitati*, come il cubo tetraedro, l'ottaedro, il dodecaedro e va dicendo, si chiamano *cristalli.* Se non fosse tema speciale della mineralogia il mostrare la mirabile configurazione di questi corpi, io non avrei negato a me medesimo il piacere di dir qui alcuna cosa su' bei cristalli del cobalto, dello spato fluore e del feldospato, della galena, del ferro oligisto *(mica ferrea)*, del diamante, del solfuro di ferro *(pirite)* e d'altri

minerali. La tendenza e lo sforzo a configurarsi regolarmente, per lo meno simmetricamente fino nelle loro più piccole parti, si riscontra tuttavia non solo nei minerali, ma anche in molti corpi del regno animale e vegetale. Il che si vede per esempio nei peli della talpa, nelle palpebre di alcuni insetti, nelle piccole squame dell'ala della farfalla, nelle vene dei legnami, ma specialmente nelle piante, come nel fleo d'acqua umbelliforme, nell'uva di volpe quadrifogliata ecc. ecc. (*a*).

2. *Non meno svariata che la forma è la grandezza dei corpi.* Il sole è un corpo di smisurata estensione, perchè tutti i suoi pianeti presi insieme non fanno la sessantesima parte della sua massa; se fosse poi cavo, non solo la terra vi troverebbe luogo da farvi la sua rivoluzione, ma anche la luna, sebbene sia cinquantamila miglia lontana da noi, potrebbe compiervi il suo giro intorno alla terra, senza urtare in nessuna parte. L'uomo rispetto al sole appare insignificante e quasi niente. Eppure anch'egli è grande rispetto a milioni d'altre creature. Chi vuole convincersene guardi all'occasione a traverso un buon microscopio gli oggetti che tante sostanze animali e vegetali producono in quantità innumerevole, dopo che sono state da otto a quattordici giorni nell'acqua. Io intendo gl'infusorii.

Persone scienziate, che si sono molto occupate intorno a questi primi principii del regno animale, affermano che molti infusorii sono mille milioni di volte più piccoli che un granello d'arena. Ma in tutto apparisce la stessa mano onnipossente, che creò il sole e che creò anche loro, e ne fece anelli necessarii della gran catena degli esseri. Anche non sono qui da tacere alcune opere degli uomini. Come s'eleva il cuore, si afforza l'animo, quando entriamo in quelle chiese gigantesche alla cui costruzione si spesero secoli, prima che si mostrassero nella loro perfetta bellezza e magnificenza! Cose di un genere tutt'opposto non attestano meno lo spirito pensante e le industri mani dell'uomo! In Dresda si trova per esempio un nocciuolo di ciriegia, sul quale sono intagliati 180 visi umani; or quale dee esservi la grandezza dei nasi e degli occhi? Figuratevi poi una carrozza d'oro con ruote mobili, un cocchiere in cassetta e due persone dentro! Tutte queste cose un artefice di Parigi fece sì maestrevolmente, che una pulce attaccata ad una catena d'oro saltava via con la descritta macchina senza aver bisogno di grande sforzo.

3. Sebbene noi quasi sempre ci serviamo di quelle misure che sono presso di noi quasi universalmente introdotte, per esempio della tesa, del piede, del pollice, della linea, pure dobbiamo im-

parare a conoscerne alcune altre che si trovano adoperate quasi in ogni Manuale di fisica. Io intendo le nuove misure francesi: *metro, decimetro, centimetro, millimetro.* Metro si chiama quella misura che forma la quarantamilionesima parte dell'invariabile lunghezza di un meridiano della terra, o della diecimilionesima parte di un quarto di cerchio della terra, vale a dire dell'arco dell'equatore fino al polo Nord. Un metro contiene 10 decimetri, 1 decimetro 10 centimetri, 1 centimetro 10 millimetri. Alla nostra misura un metro importa 3,186... piedi; 1 decimetro 3,823... pollici, 1 centimetro 4,588... linee; 1 millimetro 4.588... linee. Il così detto *litro*, giusta il quale i fisici determinano spesso il volume dei corpi, è la millesima parte di un metro cubico, ed equivale a 0,873... quarti prussiani. 100 litri si chiamano poi 1 *ettolitro* (*b*).

4. Richiedendocisi di misurare un oggetto immensamente piccolo e forse tale che sia appena visibile ad occhio nudo, si ponga sopra una sottilissima scala ovvero sopra un porta-oggetti, e poi si osservino i due oggetti allo stesso tempo a traverso un buon microscopio.

§. 3.

Della porosità de' corpi.

Una spugna, una pietra pomice, od un pezzetto di pane noi vediamo chiaramente che contengono una quantità di fori, o che le loro parti non combaciano perfettamente insieme; la stessissima cosa noi pure osserviamo nel sapone, nella carta, in un piano di legname; ma per questi corpi abbiamo bisogno a tal fine del microscopio; in altri, come un vetro, una lamina d'acciaio, un tallero e simili, non ci riesce trovare interstizii neppure con l'occhio armato di lente. E tuttavia non ne mancano, perchè altrimenti come potrebbero dilatarsi all'aumento del calore e restringersi quando diminuisce? I quali due fenomeni non possono chiaramente venir spiegati che con questo, che gli spazii che si trovano tra le particole de' corpi diventano ora più grandi ora più piccoli. L'antica prova della porosità del vetro e del metallo, che la luce passa per le finestre, il calorico per le stufe di ferro, per le caldaie di rame ecc., è inammessibile perchè si appoggia sulla materialità della luce e del calorico, della quale noi non abbiamo finora nessuna certa guarentigia.

Quello che si riscontra nei corpi solidi si verifica ancora nei li-

quidi. Chi se ne voglia convincere, empia d'acqua la metà inferiore d'una guastadetta a collo stretto e la superiore con gran precauzione di spirito di vino colorato; di poi la chiuda con un turacciolo di sughero, e diguazzi la guastadetta per operare la necessaria mescolanza; e fatto questo si vedrà che ella non è più perfettamente piena, ma che ha superiormente uno spazio vuoto. Come sarebbe questo possibile, se l'acqua non avesse pori ne'quali potessero penetrare parecchie parti del più di lei sottile spirito di vino? Così noi abbiamo imparato a conoscere in diverso modo una seconda proprietà generale dei corpi; noi la chiamiamo, com'è notorio, *porosità*, e intendiamo per essa, *che verisimilmente non v'è alcun corpo le cui parti non sian divise con interstizii le une dalle altre.*

Le bollicine che quasi sempre si formano quando il legno, la carne e simili s'immergono nell'acqua, dipendono manifestamente dalla porosità. Imperocchè l'aria possiede la proprietà d'introdursi quanto è possibile in tutti i corpi. Ella è pertanto presente anche nei pori di quegli oggetti. Or quando noi li cacciamo sotto l'acqua, l'aria spinta da questo liquido, si alza e viene alla superficie in forma di bollicine. L'aria si trova anche negli interstizii dell'acqua. Lasciando stare il bollore, dove ciascuno può farne l'osservazione, noi lo notiamo principalmente quando poniamo l'acqua sotto il recipiente della macchina pneumatica. Se la superficie di una palla d'oro, ripiena d'acqua, sottoposta ad una forte pressione, si copre di una fine rugiada (*c*); se noi sotto allo stesso presupposto possiamo cacciare l'argento vivo a traverso il fondo d'un vaso dl legno; se il legno cresce in peso ed in volume col tempo umido, e diminuisce al contrario con l'asciutto; se sotto certe circostanze le piante e gli animali si petrificano (la materia petrificante vi trapela per tutte le fibre); se in un mucchio di sabbia il liquido si spande fino alla superficie ecc. ecc.; tutti questi fenomeni non sono più misteriosi.

Conchiudendo io noto ancora le seguenti cose intorno alla porosità.

1. *Quei corpi, i cui pori noi possiamo vederli a occhio nudo, sogliamo chiamarli* RARI; *all'incontro tutti gli altri, che per conseguenza non hanno interstizii così apparenti, li diciamo* DENSI; e se noi compariamo due corpi solo in relazione alla rispettiva conformazione de' pori, il *meno denso* si chiama costantemente raro; il più denso, denso. Per esempio il ferro comparato al legno è denso; all'incontro, ragguagliato all'oro, è raro. I corpi più densi sono il platino e l'oro.

Digitized by Google

2. *I corpi che tenuti dinanzi agli occhi non m'impediscono di scorgere chiaramente, per mezzo della vista, altri corpi che si trovano dietro ad essi, si chiamano* TRASPARENTI. I così detti corpi DIAFANI vanno in mezzo tra i trasparenti e non trasparenti. Quale sia la principal ragione della trasparenza, si spiegherà nel trattato della luce. Non può dipendere dai soli pori, perchè altrimenti i corpi più rari dovrebbero essere i più, i più densi il meno trasparenti. Qui si riferiscono poi parecchi altri fenomeni, spesso al tutto inaspettati. La carta, p. e., immersa nell'olio diventa trasparente; all'incontro l'acqua mista con lo stesso liquido, perde la trasparenza e inoltre la pietra idrofana, corpo opaliforme, che si chiama ancora occhio del mondo, è per solito diafana senza più; ma quando l'acqua entra ne' suoi pori, diventa trasparente qual vetro ecc.

3. *Quello spazio ch'è limitato dalla forma esteriore d'un corpo, si chiama volume* APPARENTE. *All'incontro quello ora più ora meno piccolo, che è occupato solamente dalla massa, si chiama il volume* REALE. Non v'ha esperimento che possa dimostrare il volume reale, perchè chi potrebbe premere tanto un corpo, che questo perdesse tutti i suoi pori? Mano mano che la pressione aumenta, il volume apparente si avvicina al reale; chi sottrae l'ultimo dal primo, ha per resto il volume di tutti i pori. Più innanzi parleremo del volume apparente.

4. *E pertanto assolutamente erroneo l'annumerare la porosità tra le proprietà assolutamente necessarie all'essenza de' corpi*; imperocchè altri può figurarsi cose, che senza possederla, siano percette dalla nostra conoscitiva. Solo l'estensione e l'impenetrabilità posson aversi in conto di proprietà generali necessarie.

§. 4.

Dell'impenetrabilità dei corpi.

Ecco qua un pezzo di legno. Che questo ciottolo non possa stare allo stesso istante nel posto occupato dal legno è così chiaro, che tutte le più belle dilucidazioni non potrebbero farlo intendere meglio. Volendo sperimentare come in circostanze simili si comportino l'uno verso l'altro un corpo solido ed un corpo liquido, io getto il ciottolo in un bicchiere ricolmo d'acqua. Quello che succede, si sa; una parte di quel liquido trabocca, o è costretta a cedere al ciottolo il luogo ch'essa aveva fino allora occupato. Lo

Digitized by Google

stesso avviene tra un corpo liquido ed un corpo gassoso. Che per esempio in questo alto bicchiere da birra si contenga solo aria, non ho bisogno di dirvelo prima: io ne premo la bocca equabilmente nell'acqua, e vi convinco che questa non arriva fino al fondo, ma lascia libero un notevole spazio vicino a quello. Ora ciò procede dall'aria ch'è nel bicchiere; ella può ben essere spinta indietro dall'aria, ma non scacciata. Onde emerge dappertutto la verità, che *in quei punti dello spazio, ove già si trova un corpo, non può esservene al medesimo istante nessun altro.* Questa proprietà generale che noi abbiamo ora trovata, si chiama *impenetrabilità.*

Invece del ciottolo io prendo ora un pezzo di zucchero, del sal gemma o simile, e lo immergo pian piano sempre più a fondo nell'acqua; e sebbene anche questa volta l'acqua arrivi all'orlo del bicchiere, non se ne versa gocciola. « Ma come si accorda questo fenomeno con l'impenetrabilità? » Voi vedete inoltre una guastadetta, di stretto collo, piena fino alla metà d'acqua, e dalla metà in su fino alla bocca piena di spirito di vino colorato. Voi non scorgete ancora nessuno spazio vuoto nell'interno d'essa; ma questo vuoto apparisce tostochè io diguazzo la guastadetta, e così mescolo insieme i due liquidi. Se noi non avessimo già imparato a conoscere la porosità dei corpi, questi e simiglianti fenomeni ci farebbero ben dubitare, se l' impenetrabilità sia una proprietà generale dei corpi; ma noi sappiamo che il liquido più sottile cerca di penetrare nei pori del corpo più denso.

Se quando noi cerchiamo di penetrare un pezzo di legno per mezzo della sega o del succhiello, ne cadono segatura e trucioli in quantità; se dal cilindro della tromba, quando il pistone va spinto all'ingiù, esce di nuovo l'acqua che v'era già entrata; se un lumicino, che nuota sul sughero ed è stato coperto con un vetro alto cilindrico, chiuso superiormente, continua ad ardere sotto l'acqua; se gli uomini sotto la campana del palombaro non solo arrivano al fondo del mare, ma vi si trattengono un'ora e più, la causa di questi e d'altri fenomeni sta solo nell'impenetrabilità dei corpi.

§. 5.

Della divisibilità dei corpi.

Chi possiede un coltello, una sega, un succhiello di metallo, brevemente, qualunque instrumento atto all'uopo, potrà tagliare non solo sapone, creta, legno, ma anche lamine d'acciaio, monete

Digitized by Google

d'oro e d'argento, anche gli stessi diamanti, quelle pietre straordinariamense dure, s'egli vede però esattamente le loro sfaldature; *onde la divisibilità è altresì una proprietà comune dei corpi.*

Della sottigliezza di certi corpuscoli ci danno bastevole contezza i seguenti esempii. « I battilori francesi con circa quattro zecchini coprono un cilindro d'argento lungo 22 pollici e grosso 15; e passandolo poi per buchi sempre più stretti (alla filiera) arriva finalmente alla lunghezza straordinaria di 60 e più miglia geografiche. Nel qual fatto il più meraviglioso si è che l'oro, sebbene non possa appena avere più che la grossezza di un milionesimo d'una linea, pure sta da per tutto attaccato all'argento. Così uno zecchino basta ad indorare la statua d'un uomo a cavallo ». Il muschio, quel prezioso medicamento, che ci vien donato da un grazioso animale ruminante del Tibet, della Cina e della Tartaria, senza perdere sensibilmente di peso, empie per giorni, settimane, anzi mesi ed anni una camera ariosa, vale a dire una camera dalla quale sono tosto riportate via le parti evaporate. Che infinita sottigliezza non debbono esse avere codeste particole? « Le materie coloranti sono un esempio non meno stupendo di grande divisibilità. Con un'oncia di cocciniglia si può per lo meno colorire in rosso 10 oncie di seta. Osservate ora: 1) che 10 oncie di filo di seta sono lunghe circa 150,000 piedi; 2) che un solo filo è formato di circa 50 fili di bozzoli; finalmente 3) che in ogni piede si vedono per lo meno 2,000 parti chiaramente distinte le une dalle altre: così noi otteniamo da un'oncia di cocciniglia 150,000. 50. 2000 =150,000,000,000 di particole, ciascuna delle quali, osservata con un buon microscopio, si vede esser del pari colorata in rosso ». « Una sola goccia di liquido. presa dall'intestino d'una rana, osservata col microscopio, ci presenta innumerevoli infusorii, muniti degli organi della nutrizione e del moto. Così il nostro sangue non è, come pare, un liquido uniforme, ma consta invece di una quantità di diversi corpuscoli, che nuotano nel siero, liquido speciale. Nonostante i globuli del sangue dell'uomo possiedono appena un diametro della 300.ma parte di una linea; onde possono, come mostra la chimica, esser divisi in parti ».

Tutti gli esempii qui dati ci conducono manifestamente a domandare: *la divisibilità va forse all'infinito?* Se la prendiamo nel senso matematico, non vi si trova alcun limite; imperocchè per quanto piccole noi ci figuriamo le particole, pure il concetto della loro estensione corporea arreca con sè che siano ancora ulteriormente divisibili. Non è così della divisibilità fisica o reale. Arrivati che siamo ad un certo punto, la nostra imperizia e la man-

canza di sottili instrumenti ci costringono a lasciare come impossibile ogni ulteriore divisione. Questa considerazione ci conduce quasi per se stessa ai nomi di *atomo* e *molecola*. L'uno e l'altro significano a un bel circa lo stesso, vale a dire, le *particelle primative impenetrabili, perfettamente dense, equiponderanti*, alle quali noi arriviamo mediante la divisione, e di cui supponghiamo che ogni corpo sia formato. Chi parla di queste particelle, senza aver l'occhio alla loro indivisibilità, si serve dell'espressione *molecola;* ma chi per converso vuol fare spiccare che esse sono *continue*, vale a dire *indivisibili*, usa la più antica voce di *atomi*. Propriamente il concetto d'*atomo* non ha che fare con la grandezza e picciolezza. Il minore o maggiore numero degli atomi in un determinato spazio costituisce la diversa densità del corpo. Presupposto che due corpi avessero egual volume, come potremmo noi ritrovare il rapporto della loro reciproca densità?

§. 6.

Dell'attrazione dei corpi.

a) *Dell'attrazione dei corpi come coesione.*

È noto che le parti di una verga di metallo aderiscono così fortemente insieme, che occorre una forza assai ragguardevole per dividerle le une dalle altre. Piccola è la resistenza di un truciolo di legno. Che la resistenza si riscontri eziandio nell'acqua noi lo vediamo ora in un ago da cucire, che sta natante alla superficie, ora in una quantità di gettoni che, quando si calano con estrema precauzione in un bicchier d'acqua, producono come un rialzo sulla superficie del liquido in discorso. Prima che io parli d'altri sperimenti, dobbiamo notare i seguenti punti:

1. *Quella proprietà dei corpi, in virtù della quale essi oppongono una forza ora più grande ora più piccola a ogni tentativo di dividere le loro particole, porta il nome di* COESIONE, *la forza stessa si dimanda* FORZA DI COESIONE.

2. *Quella resistenza si spiega così nello strappare, come nel troncarsi: di chè ella è duplice; la prima, cioè quella che oppone un corpo in virtù della sua coesione quando altri tenta spezzarlo, costituisce la tenacità* ASSOLUTA; *l'altra che si rivela nel troncarsi, costituisce la tenacità* RELATIVA.

3. *Finalmente la forza che bisogna a schiacciare un corpo si chiama la sua* TENACITÀ REATTIVA.

Per mostrare che la forza di coesione è diversa nei corpi, Muschembroek, naturalista che viveva a Leida nella prima metà del secolo passato, prese parecchie verghe quadrangolari larghe circa due linee e di vario metallo; fermò l'un capo di esse in modo che avessero una direzione verticale, e caricò sull'altro sempre maggior peso finchè si spezzassero. I suoi esperimenti diedero risultati in parte assai inattesi. A volere che si spezzasse la verga di piombo inglese si richiedeva 25 libbre; quella di antimonio 30, di zinco di Goslar 70 a 83, di bismuto 85 a 93, di stagno inglese 150, di rame del Giappone 573, di oro fino 578, di rame di Svezia 1059, di argento fino 1556, e di ferro di Germania 1936. Altri esperimenti fatti con verghe di diverse qualità di legno larghe un po' più di tre linee diedero a risultato, che ad ottenere il voluto spezzamento, il legno di pino richiedeva 550 libbre, il legno di abete 600, il legno di tiglio 1000, il legno di quercia 1150, e il bosso 1250. Eziandio i corpi estremamente fini posseggono non di rado una notevole forza di coesione. Un semplice filo di seta, vale a dire uno di quelli che fila il baco da seta può, secondo Muschembroek, sopportare circa 80 grani, e un capello umano, il che non è meno facile a verificarsi, 1500 a 2000 grani. Tutti questi esperimenti c'insegnano inoltre: 1) *ciascun corpo che si carichi di peso nel modo sopra indicato, si allunga prima di strapparsi, e diventa, specialmente nel luogo dove dee troncarsi, di un diametro traversale successivamente sempre più piccolo. E la tenacità assoluta dei corpi cresce con la grandezza di una sezione traversale, ma non si fonda sopra nessuna legge universale, e sta per lo meno in un rapporto determinato con la densità.*

Chi voglia determinare la tenacità relativa de' corpi, appoggi dei cilindri simili dai due capi e li vada caricando nel mezzo di pesi sempre crescenti, finchè si tronchino. Sebbene i risultati riescano diversi, pure egli incontra costantemente questo vero: *la forza di sopportar pesi quando i corpi constano della stessa materia, si trova in proporzione diretta della larghezza e del quadrato dell'altezza, ma in proporzione inversa della lunghezza!* La conoscenza di questo principio è di gran momento al soprantendente di foreste, all'architetto. Un trave, confitto orizzontalmente all'*uno* dei capi, all'altro non porta che la quarta parte; all'incontro porta il doppio quando il peso è proporzionalmente disteso. Dalla sua forza portativa noi possiamo poi dedurre il suo peso, massime quando possiede una ragguardevole lunghezza e grossezza.

Digitized by Google

Un canape poco torto spiega una maggior tenacità che uno più torto. E così dev'essere. Mentre nel lasso una parte del peso si spende per comunicargli la proprietà del più torto, il più torto quando quella forza opera su lui, è messo in una tensione anche maggiore. Così una corda, che è attorta di molti fili di ferro, si mostra più forte che un cilindro più pesante e più lungo del medesimo metallo, perchè il filo, quando è tirato consegue una superficie più compatta. Senzachè l'esperienza c'insegna che il piombo, pigiato con acconci rulli, diventa quattro volte più tenace che allo stato ordinario; e l'argento ben battuto lo diventa per lo meno una volta più; che i corpi gualciti o battuti crescono parimenti di forza e va discorrendo. La causa di tutti questi fenomeni è facile a rinvenire e per conseguenza non occorre che ne diamo qui nessuna spiegazione.

Rispetto alla loro forza di coesione i corpi ci presentano ancora notevoli diversità. I seguenti esperimenti possono servire di prova a questa nuova asserzione.

a) Quando io capovolgo pian piano, ma sempre con maggior inclinazione, l'imboccatura di questa guastadetta che io ho empiuta d'acqua, io vedo uscire una goccia dietro l'altra, e le parti di quel liquido durano poca fatica a dividersi l'una dall'altra L'olio, il latte, lo spirito di vino ecc. trattati similmente, presentano lo stesso fenomeno. Io ripeto il mio esperimento, ma raccolgo ora tutte le gocciole in un vaso, che diversifica almeno nella forma dalla guastadetta indicata. Che le gocciole si lascino spostare e s'accomodino a prendere poi la forma del secondo recipiente, è il fenomeno che noi da gran tempo conosciamo, che noi abbiamo avuto di nuovo occasione di osservare. All'incontro nel legno, nella creta, nel ferro, nel rame, nelle pietre e simili le parti non possono essere separate che con fatica e non possono spostarsi e accomodarsi l'une nell'altre: onde formano il più perfetto contrapposto all'acqua, all'olio, al latte e simili. Quello che noi abbiamo qui specialmente a inculcare è questo: *ogni corpo, le cui parti sono così poco aderenti che possono facilmente separarsi e rimettersi insieme, si chiama* FLUIDO; *all'incontro ciascun altro corpo si chiama* SOLIDO. Per altro tutti i corpi fluidi non sono liquidi; e pertanto noi li ridividiamo in *liquidi* e *fluidi elastici*. *Quelli resistono alla pressione incomparabilmente più che questi.* Chi voglia convincersene metta sotto ai recipienti della macchina pneumatica a rarefazione un bicchiere pieno d'acqua, e uno pieno d'aria, e vi leghi sopra saldamente una vescica d'animale. Egli vedrà che l'acqua al successivo decremento della pressione aerea altera appena sensibil-

mente il suo posto, ma che l'aria rinchiusa si dilata con tal forza, che noi, per fare che la vescica non iscoppii, dobbiamo al tutto introdurre nuova aria nei recipienti. I fluidi elastici noi li dividiamo di nuovo in *vapori* e *gassi*. A qual classe appartengano, noi lo vediamo ottimamente, quando noi comunichiamo loro un grado determinato di calore. *Se diminuendo il calore tornano allo stato liquido, noi abbiamo i vapori; se non tornano, conservano pertanto l'essere aeriforme, e son da mettere coi gas.* Tra i vapori e i gas non si trova per conseguente nessuna differenza essenziale. Per concludere vediamo come sian veri i seguenti principii: « I corpi solidi, levate le poco rilevanti variazioni prodotte dal calorico, hanno un volume invariabile, e una figura che sussiste per se stessa; i liquidi conservano bene il loro volume, ma non già la loro forma; i fluidi elastici finalmente rispetto al loro volume e alla loro forma dipendono dalla pressione esterna, a cui sono sottoposti ».

Quando io premo con un dito una palla di argilla testè fatta, vedo che la sua superficie prende assai bene l'impronta e che io posso facilmente variare la sua figura sferica in altra. Il sego, il burro, il cacio fresco e simili ricevono cotali mutamenti. Non avviene così d'un ciottolo; sebbene io vi metta tutta la mia forza; pure, stante la resistenza troppo forte che oppone, non mi vien fatto di lasciar un'impronta nella sua superficie. Lo stesso sperimentiamo noi nel ferro, nel rame, nell'oro e simili. Anche questi sperimenti c'insegnano qualche cosa di nuovo, cioè: *un corpo la cui superficie riceve assai facilmente le impressioni, e a cui pertanto può con lieve fatica darsi un'altra forma,* è MOLLE O TENERO; *ma ogni altro che abbia le proprietà opposte, si chiama* DURO. I confini tra i corpi duri e molli sono assai indeterminati. Le espressioni: « il burro, il legno, i letti e simili son troppo duri o troppo molli » ne danno la miglior prova. Così l'acciaio è più duro che il ferro; l'iridio, metallo bianco come l'argento, che non si fonde neppure colla fiamma idrossigenica, è più duro che l'acciaio, il diamante più duro che l'iridio, e sì duro che nessun altro corpo, col quale si tenti intagliarlo, intacca la sua superficie.

c) La verga metallica, che io prendo ai due capi, può, senza strapparsi o troncarsi, essere rivolta a diverse direzioni. L'osso di balena, i vetrici o vimini, le piastre sottili di stagno o di piombo, in generale una quantità d'altri corpi acconsentono del pari ad una tal variazione del loro stato. Ma lo stesso non mi riesce con un tubo di vetro, con un bastoncello di cera lacca e simili; io mi convinco invece che questi corpi n'andrebbero in pezzi prima

di lasciarsi piegare a diverse parti. Notate! *Ciascun corpo, che senza strapparsi* o *troncarsi si lascia piegare a diverse direzioni, si chiama* DUTTILE; *ogni altro, a cui manca quella proprietà, si chiama* RIGIDO. Ad esempio di rilevante durezza e rigidità insieme valgono le così dette *lagrime bataviche, le bottigliette di Bologna*; noi otteniamo *le prime* gettando gocciole di vetro strutto nell'acqua fredda, e *le seconde* che son bottigliette in forma di pera con grosse pareti, lasciandole rapidamente freddare all'aria aperta. Tutti e due i balocchi possiedono tanta solidità da resistere a colpi assai forti; le loro parti eziandio quando si confricano ad altri corpi duri, restano nella più stretta coesione; ma le lagrime bataviche si disfanno subito in polvere, quando noi le priviamo del loro sottile collo; e le bottigliette bolognesi tostochè la loro superficie interna è colpita da un pezzettino di pietra focaia, perdono subito il fondo. I due fenomeni dimostrano una estrema coercizione nelle particole componenti; che poi siano l'effetto di un particolar modo di raffreddamento, si vede da questo, che sparisce ogni vestigio delle proprietà indicate, quando noi riscaldiamo di nuovo quelle lagrime e quelle boccette fino all'arroventamento, e poi le lasciamo raffreddar pian piano in una pillozza o raffreddatoio di vetraio.

d) Una lamina sottile di piombo ed una palla di gomma elastica sono l' una e l' altra cedenti, ma mostrano per un altro conto una stupenda diversità. Quando io ho tratto la lamina di piombo un poco fuori del suo stato primiero, noi osserviamo che essa non fa nessuno sforzo di riprendere la prima figura. Quanto si comporta diversamente nelle stesse circostanze una palla di gomma elastica! Come una forza straniera cessa di aggravarla per così dire, così ella ci apparisce tosto di nuovo nella sua figura primitiva.

Imparate da questo sperimento: *ogni corpo che fa uno sforzo di riprendere il suo spazio, la sua figura, quando non gli si oppone più nessuna forza coercitiva, si è* ELASTICO; *ogni altro all'incontro è chiamato* NON ELASTICO. Noi però non sappiamo, se vi siano corpi a cui manchi affatto l'elasticità. Ogni diligente osservazione che i fisici hanno instituito sopra questo punto, li ricondusse costantemente a questo risultato: *tutti i corpi solidi si comportano come perfettamente elastici verso quelle forze che non oltrapassano una certa misura: ma come perfettamente non elastici verso altri, la cui grandezza è proporzionamente troppo forte.* Il limite delle azioni è per conseguenza diverso nei diversi corpi. Notevole elasticità, vale a dire tale che riprendono perfettamente il loro spazio e figura, si scorge nell'osso di balena, gomma elastica, avorio, acciaio temperato, ottone battuto e simili; estremamente piccola è dove

quel fenomeno è appena osservabile: argilla molle, pannilini d'ogni specie, singolarmente la lana e molti altri corpi. Della grande forza, con che molti corpi elastici ripigliano la loro originaria posizione e figura fanno testimonianza diversi esempii. Una palla di gomma elastica, lasciata cadere liberamente, come tocca la terra è subito ribalzata in alto: un arco teso scaglia la freccia, mentre torna nella sua prima posizione e forma, con grande velocità; una corda tesa leva reiteratamente in alto l'uomo, che fa sovr'essa mirabili sforzi ecc. Volendoci convincere dell'elasticità dell'avorio, noi non abbiamo che ad ungere d'olio una palla da bigliardo e lasciarla poi cadere sopra una superficie piana. La macchia circolare che noi scorgiamo sopra quella superficie, poich'essa palla è ribalzata in alto ci mostra ch'ella nel cadere si deve essere schiacchiata. Palle di legno, di pietra, di vetro e di molti metalli si comportano più o meno così. Le *Baliste* e le *Catapulte* degli antichi erano macchine assai notevoli e fondate interamente sopra l'elasticità di certi corpi. Le prime servivano a lanciare come i nostri mortai; le seconde a tirare, come i nostri cannoni. Le catapulte avevano quasi il meccanismo delle balestre. Sopra la larga scanalatura in cui si ponevano i corpi da scagliare erano fermate tra due travi corde intrecciate di pelli, crine o budella d'animali. Queste corde smisurate non si potevano tendere che per mezzo di un forte rampo di ferro, e di un argano che le metteva in movimento. Lasciandosi la corda, questa in virtù della sua elasticità tornava indietro nell'instante, e scagliava con quasi incredibile velocità tutte le cose che si trovavano nella scanalatura. Non meno poderose erano le baliste. Nel mezzo della fune che si tendeva parimenti in esse, si adattava un forte trave e che aveva la figura d'un cucchiaio, e quando la corda doveva essere torta fortemente, era tratto indietro col mezzo d'un argano. Quando nell'indicata cavità si ponevano corpi d'ogni specie, per esempio grosse pietre, cadaveri già mezzo putrefatti d'animali e d'uomini ecc., e si privava la corda della forza, che fino allora l'aveva tenuta tesa, ed ecco tutte quelle cose volavano via con notevole velocità e portavano la distruzione e la morte tra i nemici. Archimede, uno dei più famosi matematici, quando il generale romano Marcello (l'anno 214 avanti Cristo) marciò contro Siracusa, gettò tre volte di seguito dei macigni del peso di 10 quintali dalle mura di quella città e fracassò i ponti d'assalto delle legioni nemiche. Nel processo del trattato si dirà l'occorrente sopra l'elasticità de' liquidi e dei fluidi elastici; noi notiamo solo di passo che i vapori e i gas appartengono ai corpi perfettamente elastici e che anche l'olio, l'acqua,

lo spirito di vino ecc., quando non v'è più alcuna forza che li prema, subito si dilatano di nuovo.

b) *Dell'attrazione come adesione.*

Quando io voglio separare due lastre di vetro, che sono state per un pezzo adagiate l'una sull'altra, m'accorgo che a dividerle occorre una certa forza, piccola è vero, ma pure sensibile. Lastre di metallo o di marmo ben liscio, mani fortemente strette insieme, massime quando prima vi si sia un poco alitato, conducono in simili circostanze agli stessi risultati. Due goccie d'acqua nell'istante del loro reciproco contatto si riuniscono in una gocciola; e lo stesso avviene di due o più gocciole d'olio, di spirito di vino, e in generale d'ogni liquido. Ponete mente ora a sperimenti di una seconda specie!

Ecco qui un cristallo asciutto. Dopo averlo sparso di fina polvere e voltato in modo che il piano che prima era superiore è divenuto l'inferiore, ci fa un poco meraviglia il vederne cadere solo i granellini più grossi, e rimanere all' incontro attaccati i più leggieri, sebbene siano eterogenei alle particelle del cristallo. Io immergo un dito nell' acqua. L' effetto è noto; esso ha perduto la sua prima asciuttezza, e solo a fatica può essere liberato di nuovo dalle particelle d'acqua. Non è meno osservabile il fenomeno, che l'acqua nella mia guastadetta è più alta presso agli orli che nel mezzo. Se io sospendo orizzontalmente una lastra di cristallo (una di metallo o di marmo può eziandio servire) ad un piatto della bilancia, e ponendo i pesi necessarii nell'altro piatto, metto l'instrumento in bilico, e da ultimo fo che quella lastra tocchi la superficie dell'acqua di un vaso, io trovo che ella vi s'attacca con una certa forza, e che non se ne stacca finchè non sian posti nuovi pesi nell'altro piatto. Per altro ella ritiene ancor dopo la separazione moltissime particelle d'acqua. Io passo ora ad esperimenti di una terza classe.

Di queste guastadette io n'empio una d'argento vivo e l'altra d'acqua, dopo averne sparse le pareti interne di polvere di seme di licopodio. Ed ecco! ambedue i liquidi fuggono l'orlo del loro recipiente e si elevano il più nel suo mezzo. Io mi frego poi un dito col licopodio. Per quanto lo lasci stare nell'acqua non s'immolla. Se io stendo poi quella particolare sostanza sulla carta, l'acqua vi sfugge sopra a gocciole. Voi potete ancora far meco alcuni de' seguenti esperimenti. Intingete prima una penna nell'inchiostro fino

ad una certa linea del suo spacco! fate lo stesso per la seconda volta con la vostra matita, le cui facce sono molto vicine l'una all'altra; immergete in terzo luogo una determinata parte di un foglio di carta sugante sotto l'acqua! Che i liquidi in tutti tre i corpi varchino il segno, è il fenomeno al quale voi dovete por mente. Più bello ancora ci si mostra quando noi immergiamo stretti tubi fino ad un punto determinato nell'acqua, nell'alcool e simili. *Più sottile è il liquido, tanto più supera il segno.* Dopo tanti e diversi sperimenti io do i seguenti principii:

1. *Quella proprietà, in virtù della quale due corpi omogenei, o due corpi eterogenei, che si toccano nella loro superficie, si uniscono sì volentieri l'uno con l'altro, si chiama* ADESIONE; *la forza stessa, che viene allora in atto, è detta la* FORZA DI ADESIONE.

2. *L'adesione dei corpi liquidi alle superficie dei solidi è non di rado ineguale nei diversi corpi.*

3. *La specie particolare di adesione che si manifesta nel salire che fanno i liquidi lungo le pareti dei tubi stretti, la chiamiamo* CAPILLARITÀ O ATTRAZIONE CAPILLARE. Più i piccoli tubi sono stretti, più i liquidi vi salgono ad alto, e propriamente del doppio se non sono che la metà degli altri; del triplo, se non sono che un terzo e va discorrendo. Questa legge si trova confermata negli esperimenti con grande esattezza.

4. *L'adesione dei corpi solidi si rafforza considerevolmente quando si faccian intercedere tra le loro superficie corpi liquidi o semplicemente liquefatti.*

Scaldate un tratto due piastre di metallo, bene levigate e d'un pollice di diametro; spalmatele egualmente di sego, pigiatele l'una sopra l'altra e lasciatele stare certo tempo senza toccarle! e voi vi convincerete che appena il peso d'un quintale le può di nuovo separare. Lamine di rame della grossezza di una mezza linea, ridotte a tubi e rivestite di uno strato doppiamente grosso di carta fortemente incollata, acquistano una tenacità che sta alla loro primitiva come 2 a 1. Un cilindro, fatto di parecchi strati di carta incollati insieme, e la cui sezione traversale ha forse un pollice in quadrato, può portare per lo meno 30,000 libbre; fatto allo stesso modo di buoni fili di canape non suole troncarsi che in forza d'un peso di 90,000. Vi sono certe specie di mastici, i quali rendono talmente aderenti alcuni corpi, che questi si troncano nel mezzo della propria massa, anzi che separarsi dal mezzo che gli ha riuniti; ma questo è sì nòtorio, che non fan bisogno esempii. Cementare, incollare, saldare e ferruminare, imprimere caratteri e disegni, indorare, inargentare, stagnare, il vestire i cristalli da specchio

di foglia d'amalgama, il placcare, vale a dire il distender insieme una piastra di rame ed una d'argento: tutti questi e altri simili lavori s'appoggiano sull'adesione. Ma stantechè le superficie dei corpi solidi, eziandio quando siano stati diligentissimamente levigati sono pur sempre ineguali, onde vengono a toccarsi in un numero limitato di punti, così la loro adesione dee crescere, quando un qualsivoglia fluido empia quelle incavature accidentali e pertanto renda il contatto più intimo e perfetto. Lo stesso bagnarsi d'un corpo è l'effetto dell'adesione. Sperando che sarà facile a ciascuno di scoprire sempre le cause particolari ed esprimerle in buone parole, io reco in mezzo ora alcuni esperimenti, che dipendono del pari dalla forza d'adesione.

Un pezzetto di zucchero, posto in una cucchiaiata di caffè, è in breve penetrato in tutte le sue parti dal nero liquido; una macchia di qualche liquido sopra una tavola si asciuga difficilmente con carta da scrivere, e facilmente con carta sugante (nella prima i sottili interstizii sono stati turati dalla colla); conii di legno asciutti ficcati nella fessura d'una roccia, quando l'acqua ascende nei loro pori, si dilatano tanto, che i più forti macigni ne vanno in pezzi; una striscia di carta sugante, posta sugli orifici di due bicchieri, l'uno vuoto, l'altro pieno d'acqua circa ai tre quarti, non solo assorbe il liquido in sè, ma lo trasporta nell'altro recipiente; pallottoline di vetro cave che nuotano sulla superficie di un'acqua tranquilla, s'avventano con moto accelerato all'orificio del loro vaso, quando vi son giunti bell'e vicino; i palmipedi che hanno impiastrate le penne di quella lor come morchia, non hanno che a scuotersi per veder l'acqua appallottolarsi sul loro corpo. Nelle cellule delle piante, il cui diametro è appena la 250 parte di una linea, i succhi salgono ad alto con maggiore energia; così appunto, sebbene in molto minor grado, i liquidi vanno per l'arena, pel cotone, per l'argilla molle ecc.; una gocciola d'argento vivo forma una pallottola sul vetro, come l'acqua sulla polvere e sul grasso, ma si scioglie sull'argento e sullo stagno ecc. ecc.

c) *Dell'attrazione chimica e dell'affinità elettiva dei corpi.*

Nel primo di questi tre bicchierini è acqua, nel secondo aceto, nel terzo acido nitrico. Se getto ora nell'acqua un poco di sale di Glauber (solfato di soda), nell'aceto della rastiatura di creta, e nell'acido nitrico un pezzettino di rame, tutte queste sostanze sono sciolte dal loro liquido, e per conseguenza spariscono successiva-

mente ai nostri occhi. Questo fatto è poco notevole, ma assai il seguente. Se io aggiungo al primo de' miei mescoli dello spirito di vino, al secondo della potassa, e al terzo una laminetta di ferro, quei tre corpi solidi ricompaiono e cadono al fondo; ma allo spirito di vino, alla potassa e alla laminetta di ferro è avvenuto appunto quello che poco fa avvenne al sale di Glauber, alla creta e al pezzo di rame. Notate intorno a questo sperimento:

1) *Quell'attrazione, in virtù della quale un corpo liquido scioglie un solido, vale a dire lo altera in modo ch'egli poi forma con questo una massa omogenea, si chiama* ATTRAZIONE CHIMICA. Il corpo fluido è qui il *mezzo di soluzione* o *il solvente*. Quando egli ha assorbito tutte quelle particelle del corpo solido ch'ei può, la soluzione si chiama *satura*. Molte sostanze, per esempio l'acqua e lo spirito di vino, si legano in ogni proporzione l'una con l'altra.

2) *Di due cose che stanno nell'indicato rapporto l'una verso l'altra, noi diciamo che posseggono una scambievole affinità*. Si provi come questo pezzetto di gomma si comporti rispetto all'acqua e allo spirito di vino (si scioglie bene nello spirito di vino, ma non già nell'acqua)!

3) *La forza attrattiva non è gagliarda del pari tra tutte le specie dei corpi*. Lasciamo a qualsivoglia fluido la scelta di unirsi ad un corpo solido; esso sceglie costantemente quella sostanza verso cui si trova in un più stretto grado di affinità. *Un tal contegno di parecchi corpi gli uni verso gli altri noi lo chiamiamo* AFFINITÀ O AFFINITÀ ELETTIVA. Del corpo poi ch'è lasciato solo, noi diciamo *ch'è stato precipitato dal nuovo sopravvenuto*. All'ultimo quello che si vede di lui in fondo al vaso si chiama il *precipitato* (*c*).

Io verso inoltre in questo tubo di vetro un poco di mercurio, sal di tartaro liquefatto, spirito di vino e petrolio, poi li sbatto insieme con qualche forza, e noi vediamo poi, quando si sono ricomposti a quiete che quei quattro liquidi si sono posti sopra e sotto l'uno all'altro. Ecco inoltre qui vetriolo azzurro composto di rame e acido solforico: qua soda che consta di natro (*d*) e acido carbonico. Ciascuno di questi corpi composti si scioglie nell'acqua. Se io ora unisco i due nuovi mescoli, che ho ottenuti da quelle sostanze e dall'acqua, ne viene una mescolanza molto particolare di doppia specie; vale a dire l'acido carbonico forma col rame un corpo, che non si scioglie nell'acqua, ma precipita al fondo; l'acido solforico al contrario si unisce col natro, e ci dà un sale che veramente si scioglie nell'acqua, ma che all'evaporare da questo liquido si fa leggermente visibile. Da questo esperimento imparate:

Digitized by Google

1) *Vi sono fluidi che non mostrano nessunissima affinità l'uno per l'altro.*

2) *Noi abbiamo una doppia affinità, quando l'un* COSTITUENTE *di un corpo composto si unisce col primo* COSTITUENTE *d'un altro composto, e il secondo costituente di quel corpo col secondo di questo.* Fate ora voi stessi alcuni esperimenti: 1) con creta e acido idroclorico (quest'acido versato sulla creta s'unisce con la calce, l'uno dei costituenti della creta ed espelle in certo modo (il che si manifesta con una viva ebollizione), l'acido carbonico che n'è l'altro costituente; 2) con trementina e spirito di vino da una parte, e con sal nitro e acqua dall'altra (la trementina e lo spirito di vino si riuniscono al tutto come il salnitro e l'acqua in un corpo; ma se noi versiamo insieme queste mescolanze, l'acqua si unisce con lo spirito di vino, il salnitro precipita, e la trementina sormonta alla superficie); 3) con carbonato di potassa e muriato di calce (qui noi otteniamo meravigliosamente il muriato di potassa e il carbonato di calce; in quei corpi si verifica una doppia separazione e unione) ecc.! (*e*) Nella descrizione di tutti questi nuovi fatti bisogna servirsi delle denominazioni: *Dissolvente, precipitato, affinità semplice e doppia.* Notate altresì sopra l'attrazione chimica i seguenti punti:

a) Due sostanze eterogenee che hanno pochissima anzi nessunissima affinità l'una con l'altra, possono per mezzo d'un terzo corpo, quando questo sia loro bastevolmente vicino, esser messe in perfetta unione e disciolte. Una tale unione si chiama APPROPRIAZIONE O AFFINITÀ APPROPRIATIVA. *Quel corpo poi che opera questa affinità, che la rende visibile, si chiama* IL MEZZO DI APPROPRIAZIONE. Io sciolgo per esempio la potassa nell'acqua, ed ottengo così una mescolanza che si unisce facilmente con sego, grasso o olio. Da questa specie di combinazione esce com'è noto il sapone. La potassa forma in questo caso il mezzo di appropriazione (*f*).

b) Poichè quasi tutti i corpi agiscono gli uni sugli altri solo in istato liquido, ne viene manifestamente che i corpi solidi devono esser ridotti allo stato liquido, quando noi vogliamo provocare in essi una combinazione. Ma per questo modo ne viene non di rado una maggiore coesione: il rame, mescolato allo zinco, dà il più forte ottone, e unito allo stagno, metallo per se stesso tanto cedente, l'ottimo metallo da campane e da cannoni, il piombo unito all'antimonio, i più forti caratteri degli stampatori ecc.

c) È noto inoltre, che una gran quantità di corpi, e. g. i sali, si presentano costantemente in certe determinate figure, e che queste, sebbene impedite talora dal riuscire perfette, rinascono in generale tali

quali erano dalle loro dissoluzioni; il che noi chiamiamo CRISTALLIZZAZIONE. Quanto più lentamente succede la transizione dallo stato fluido al solido, tanto più grandi e più belli sogliono riuscire i cristalli. Se per esempio noi lasciamo disciogliere nell'acqua dello zucchero o sal comune, e lasciamo evaporare la mescolanza ottenuta in una tazzetta scoperta, noi vediamo il sale cristallizzarsi in cubi, il zucchero in pezzi di quattro e sei lati. Nel così detto zucchero in pani si cerca col dimenarlo d'impedire la cristallizzazione. I fiocchi di neve, i sottili aghi di ghiaccio ai vetri delle finestre ecc. mostrano chiaramente che l'acqua nella sua trasformazione in un corpo solido è disposta a cristallizzarsi. Noi però ignoriamo perfettamente quali siano le forze che dobbiamo figurarci come operanti nella cristallizzazione, e quali proprietà devono possedere le più piccole parti per simmetrizzarsi insieme; la ragione delle diverse figure dovrebbe cercarsi senza più nell'attrazione dei corpi.

d) I molteplici rapporti di affinità in cui i corpi stanno l'uno verso l'altro, sono messi a profitto dai chimici, sia per far entrare le sostanze note in nuove combinazioni, sia per dividere nei loro costituenti i corpi ignoti, naturalmente composti. Nell'ultima operazione essi arrivano assai presto a sostanze incapaci di nuova divisione, e sono chiamati da loro principii, elementi, sostanze fondamentali. Il numero di tali elementi somma ora a 63. Essendo non meno utile che interessante il possedere qualche notizia intorno ad essi, colgo l'occasione di dirne brevemente quanto segue:

Tutti gli elementi conosciuti finora si trovano nel regno minerale, ma non esclusivamente in esso; e formano ora da sè, ora uniti ad altri tutto il mondo materiale. Secondo che si distinguono per caratteri esteriori, determinati o no, si denominano *metalli* o *metalloidi* (sostanze non metalliche). Lasciando stare l'ossigeno, l'azoto, l'idrogeno ed il carbonio, di cui si parlerà più innanzi piuttosto minutamente nella sezione del moto e dell'equilibrio dei fluidi elastici, passano per metalloidi assai importanti:

1. *Lo Zolfo*, una delle poche sostanze elementari, che noi troviamo pure in natura. Essendochè la massa tenace e bruna, in cui si converte ad un gran calore, non torna a indurirsi che lentamente nell'acqua, noi l'abbiamo da gran tempo adoperato per cavare l'impronta delle monete, dei cammei ecc. Con le altre sostanze semplici contrae molte e anche importanti combinazioni; forma p. e. con l'ossigeno l'olio di vetriolo o l'acido solforico, con l'idrogeno, l'acido idrosolforico ecc.

2. *Il Fosforo*. Questa sostanza elementare non trovandosi pura

in natura, ci costringe in certo modo a cavarla dalle ossa bruciate e da altre parti animali. D'ordinario è solido, giallo pallido, trasparente, e si fonde al 28mo grado Reaumur. A buona ragione ha il nome di *Fosforo*, vale a dire, *apportatore di luce*, perchè riluce nell'oscurità e nell'olio si scioglie in una manteca lucida. Essendochè s'infiammi quando viene confricato a superficie scabre, è particolarmente acconcio alla preparazione degli zolfini. Per altro egli è un veleno potentissimo. Se si scalda con fosforo la lissivia dei saponai, si svolge una combinazione gaseiforme dell'ultimo corpo con l'idrogeno, che si accende spontaneamente all'aria. Forse di qua provengono i così detti fuochi fatui.

3. *Il Cloro*, gas giallo verdognolo, che, inspirato in piccola quantità, promuove la tosse e il catarro, in maggiore, causa la morte. In natura si trova sempre combinato con metalli. Per procacciarselo, si scalda sopra una lucerna ad alcool, o veramente in una storta di vetro, che ha per sostegno una tazzetta piena di arena, una mescolanza di tre parti di sal comune, 2 parti di manganese, 2 parti e 1½ di acido solforico e 4 parti d'acqua, e si raccolga il gas che se ne svolge in un vaso a ciò atto. Il cloro si distingue particolarmente per questo ch'egli imbianca presto e perfettamente le materie coloranti organiche, e distrugge tanti vapori perniciosi, ed anche miasmi pestilenziali. Rispetto a questa sua ultima virtù riesce un ottimo suffumigio. Forse ancora più utile che il cloro assoluto è il cloruro di calce, il quale s'ottiene quando si fa assorbire il cloro dalla calce viva o caustica e poi si fa sciogliere nell'acqua. Chi non sa ch'egli leva il cattivo odore ai cadaveri che ne vengono aspersi, e che preserva dall'asfissia quegli uomini che devono entrare in canali e sotterranei stati lungamente chiusi, sol che si ungano le braccia e il viso col cloruro di calce? Il cloro costituisce più che la metà del sal gemma.

4. *L' Iodio*. Questa sostanza si trova in certe piante marine, del genere dei fuchi, specialmente nel sal gemma; è solida, bigio-scura, e d'ordinario in scaglie lucide metalliche, di odore ingrato, ed agisce fortemente sugli organi. Esposta al calore si muta in un bel gas di colore violaceo. L'iodio dà il suo colore turchino all'amido. Molti medici l'hanno trovato assai utile nelle malattie glandulari.

5. *Il Fluore* è una sostanza elementare che non è stata ancora veduta pura in natura. Unito alla calce forma i bei cristalli di spato fluore e combinato con l'idrogeno l'acido fluorico. Quest'ultimo è un liquido chiaro come l'acqua, estremamente volatile e le stille che se ne facessero cadere sulla pelle posson produrre vesciche

dolorose e di pericolo, e respirato in forma di vapore, può causare la morte. Esso discioglie inoltre la silice, intacca pertanto anche il cristallo, onde s'usa a incidere in questa sostanza.

6. *Il Bromo*. Questa sostanza alla temperatura ordinaria forma un liquido rossiccio-scuro, che si mostra in strati sottili, si volatilizza facilmente, ha un odore estremamente ingrato, e dà un gas giallo-rossiccio.

7. *L' Arsenico*, che unito all'ossigeno, forma l'arsenico, corpo bianco come tutti sanno, e che quando è preso eziandio nelle più piccole quantità, è produttivo di morte Per riconoscere la presenza dell'arsenico, si ponga un poco della sostanza sospetta in una bottiglia di sviluppo d'idrogeno e s'accenda il gas che ne fluisce. Se vi si trova l'idrogeno arseniato, arde con un colore turchino chiaro e depone sopra una lastra fredda di cristallo o di porcellana, che si tiene nella fiamma, l'arsenico come uno strato sottile incombusto, di apparenza metallica, e di nero o bruno colore.

8. *Il Silicio* (radicale della silice). Non si trova puro in natura, in nessun luogo; costituisce la parte più grande della corteccia della terra a noi nota, e separato dall'ossigeno, forma come una polvere bruna, che ardendo all'aria, si trasmuta di nuovo in acido silicico. Quest'ultimo aveva già il nome di terra silicea. Due altre sostanze elementari non metalliche sono il boro e il selenio; il primo si trova principalmente in un sale, che si chiama borace, e ridotto puro, forma una polvere bruno-verdognola; l'ultimo che in tutto il suo modo di comportarsi, ha gran somiglianza col solfo, ha uno splendore metallico, di una trasparenza rossiccia, e suol essere combinato col solfo, o con qualche altro metallo.

d) *Dell'attrazione dei corpi remoti, o della loro gravità (gravitazione).*

Appena io mi reco in mano questa piccola palla di ferro, sento che questa esercita una pressione sopra di essa. Un sasso, un tallero e simili ci manifestano la loro presenza nello stesso modo, come tutti sanno. « Ma come si comportano rispetto a questo punto la *peluria*, il *polverio*, il *lumico*, il *calorico*? Anche queste sostanze esercitano una pressione sul corpo che li regge; così noi ci avvediamo poco se una mosca, della cui pressione noi certo non possiamo dubitare in altre circostanze, s'aggiri sulle nostre spalle, così ci accorgiamo appena se una piuma si posi sulla nostra mano, un atomo di polvere sui nostri piedi. Quanto alla sostanza

della luce e del calore la bisogna va veramente in un modo particolare. L'una e l'altro non sono tangibili, e posseggono una sottigliezza sì straordinariamente grande, che sfuggono ad ogni mezzo che forse potrebbe renderle percettibili. *La loro materialità non solo non è dimostrata, ma anche assai inverosimile.* Notate! *Fra tutti i corpi naturali, la cui materialità si può dimostrare, non ve ne ha alcuno, che non abbia il sovraindicato influsso sul suo sostegno.*

Io mi reco ora la mia piccola palla tra le dita e poi l'abbandono a se stessa. Ella prende subito la sua direzione verso la superficie della terra. Quello che ha fatto questa palla, lo fa anche ogni altro corpo, ben inteso che non sia più leggiero dell'aria che lo circonda e sorregge. Io raccomando poi la mia palla ad uno spago, la calo in luoghi diversi e un poco distanti l'uno dall'altro, e cerco reiteratamente, quale direzione dia al filo verso la superficie della terra. Ed ecco! voi vedete che lo spago viene a stare verticalmente sopra ogni linea, che va sopra la superficie della terra pel punto di contatto della palla. E poichè io ora so che la terra è sferica ne conchiudo a ragione, che ogni corpo tende al centro della terra (tutte quelle linee di direzione, prolungate sufficientemente, percuotono effettivamente in quel punto) e che la terra deve possedere una forza, in virtù della quale ella attrae tutte le cose. *Noi chiamiamo questa forza* FORZA DI GRAVITÀ, *e la proprietà che i corpi manifestano in parte con la loro pressione sopra qualsivoglia sostegno, in parte pel loro tendere verso la superficie della terra, dicesi* LA GRAVITÀ DEI CORPI. Ponete ora mente ai seguenti principii!

1. *La gravità dei corpi sulla nostra terra è una conseguenza di quell'attrazione che tutti i punti del globo terrestre esercitano sopra ciascun corpo che si trova alla sua superficie.* Quest'attrazione come pure ciascun'altra fuori di lei si mostra reciproca. Ora poichè la massa, anche quella del più grosso macigno, è infinitamente piccola verso la massa di tutta la terra, ne segue che l'attrazione speciale che qualunque corpo particolare spiega verso il globo terrestre, va perduta pei nostri sensi.

2. *La gravità è incomparabilmente più diffusa che tanti non credono.* Fra tutti i corpi celesti, anzi fra tutti i punti della materia sensibile regna un'attrazione reciproca. Dessa fu che diede al sole, ai pianeti, alla luna ecc la loro figura, essa ne tiene unite le parti, essa collega gl'innumerevoli corpi celesti in un tutto incommensurabile, e guida i loro moti in eterno ordine ed armonia. Da quest' alto punto di vista ci ha insegnato da prima a conoscerla Newton, il gran matematico inglese. Questo glorioso andò una volta a

passeggiare in un giardino. Ed ecco da un albero cadergli un pomo sul capo. Egli sapeva che la gravità aveva spinto il pomo a terra; ma fino allora egli sapeva questo e nulla più. Egli domandò poi a se medesimo: « il pomo sarebbe egli del pari caduto se l'albero fosse stato incomparabilmente più alto? » Ed egli non potè dubitarne. « Ma come andrebbe, se la cima di quello toccasse per avventura la superficie della luna? » Quest'ultimo quesito lo rese perplesso, e gli fu occasione a considerazioni, i cui risultati ci fanno stupire; egli scoperse allora la bella legge della gravitazione: *la forza di attrazione dei corpi decresce in ragione dei quadrati delle loro distanze.* Sebbene le leggi della gravità appartengano di gran lunga meno alla fisica che all'astronomia e alla geografia matematica, pure nel processo dell'opera io non tralascierò di dirvene qualche altra cosa.

3. *La pressione che un corpo esercita sopra il suo sostegno noi lo denominiamo* PESO. Poichè tutte le parti hanno un'eguale tendenza ad appressarsi alla superficie della terra, ne viene che col loro numero deve crescere il peso. Le nostre misure per la determinazione del peso dei corpi sono conosciute; i francesi si servono per unità di peso del *gramma*, ossia la milionesima parte del peso di un metro cubico d'acqua pura. 1000 grammi fanno un *chilogramma*. Chi sa finalmente che un pollice cubico d'acqua distillata pesa loth prussiani 0,219, e che un piede prussiano fa 0,313853... metri, deve poter calcolare quanti grammi o chilogrammi vanno per una libbra, per un quintale ecc. (*g*).

§. 7.

Dell'inerzia o della forza di permanenza de' corpi.

Per quanto noi guardiamo alla mia piccola palla di ferro, non ci verrà mai fatto di vedere, ch'ella abbia voglia, per così dire, di mutare il punto di stazione che ha preso una volta. Ma quando io la urto, ella rotola sul pavimento, e se certe forze ostilmente non le si attraversassero, essa in ogni caso non cesserebbe mai di correre. La pressione dell'aria e l'ineguaglianza della superficie che percorre, sono qui da considerarsi principalmente come forze nemiche. Come specialmente operi l'ultima delle cause indicate, noi potremo chiaramente comprenderlo quando noi facciam rotolare sopra diverse superficie liscie parecchie palle perfettamente

conformi l'una all'altra. Quella palla che ha fatto il suo cammino sopra la superficie più liscia, è sempre l'ultima a restituirsi alla sua prima quiete. Lo stesso fenomeno noi osserviamo più o meno in tutti gli altri corpi. E così noi dichiariamo per una proprietà generale *che un corpo quiescente poserebbe perpetuamente, un corpo in moto si moverebbe perpetuamente, se una forza estranea non venisse mai ad agire ostilmente sopr'essi*, e la legge naturale che si fonda sopra questa proprietà, si chiama *Inerzia* o la *forza di permanenza dei corpi*. Se la parte superiore del nostro corpo, non appoggiata, barcolla all'indietro, quando la carrozza, nella quale noi sediamo, prende a un tratto l'abbrivo; se dirittamente al contrario quella parte si piega in avanti, quando la carrozza si ferma repentinamente; se noi facilmente cadiamo a terra, quando un naviglio che cammina rapidamente, nel cui interno noi stiamo in piedi, afferra alla riva; se noi dobbiamo saltare dentro o sopra un fosso quando nel correre vi siamo arrivati vicin vicino; se il pendolo, quando ha compiuto il suo arco dal punto di mossa alla linea verticale sale all'insù; se i corpi celesti, lanciati dalla mano onnipotente del Creatore nello spazio incommensurabile, permangono in un movimento non interrotto, tutti questi e innumerevoli altri fenomeni ci manifestano chiarissimamente in qual modo operi l'inerzia de' corpi.

Ecco qui parecchie piastrelle molto pulitamente lavorate con superficie parallele; sono le pedine del noto giuoco di Dama. Io le pongo tutte le une sulle altre, e formo così una colonna verticale, abbastanza alta, e mi studio poi di cacciarne fuori pian piano una pedina col mezzo di un coltello. Ma non ostante la più grande precauzione, tutta la colonna trabocca. Io la innalzo per la seconda volta. Dopo avere accostato il taglio del mio coltello, come per l'innanzi, ad una pedina, io la percuoto con tutta la forza, ma con tutta la sicurtà che m'è possibile. Ed ecco, sebbene quella pedina ne sia saltata fuori, la colonna è sempre là quiescente in piedi; al più le due piastrelle che stavano più vicine alla pedina lanciata fuori, si sono un poco piegate da un lato. Su nel collo di una bottiglia comune da birra io pongo una carta da giuoco nuova, poi su questa e appunto sulla bocca del vaso, una piccola moneta; or quando io percuoto presto con destrezza e forte la carta come già feci quella pedina del giuoco di Dama, ella scappa di sotto al quattrino, al grosso d'argento e simili, tantochè la moneta cade nella bottiglia. Se i due fili ai quali io ho qui appeso un cannello di pipa si troncano all'ultimo, quando io mano mano li vado caricando sempre di maggior peso, non è punto da maravigliare; ma che re-

stino intieri quando il cannello di pipa è rotto con un forte colpo, si ha certo da molti per un fenomeno misterioso. Ecco qua una palla d'argilla molle. Se io la tocco con precauzione, io la posso spingere innanzi senza che riceva una profonda impronta; ma se al contrario le do un forte urto, il mio dito va bene addentro nella sua massa, senza spingerla gran fatto innanzi. *Che la coesione delle parti resista meglio ad una forza, la quale agisce successivamente, che ad una forza che sopravvenga a un tratto, o che ad un urto assai repentino lo staccamento delle parti immediatamente percosse segua prima che esso colpo possa essere comunicato alle parti attigue*, è in breve quello che noi abbiamo a ritrarre dai sovraindicati esperimenti.

Fin qui un movimento veramente rapido ci condusse alla meta; ma in altre circostanze può sventare tutti i nostri desiderii ed intenti. Chi per esempio non ha talora veduto che le funi ordinariamente si rompono, quando i cavalli attaccati ad un carro assai carico sono fatti improvvisamente toccar via? o che l'ingegno d'una chiave quasi sempre si spezza in una serratura arrugginita, quando altri fin dal principio vi mette tutta la sua forza? In questi casi dee raccomandarsi un movimento assai lento.

Dopo tutto quello che voi avete in parte udito, in parte veduto, non può farvi più meraviglia, che una palla tirata faccia sempre un buco tondo in un vetro di finestra; che stracciando un foglio di carta lungo la sua piegatura, la lacerazione segua l'orlo solo quando si separano le sue parti con somma velocità; che i muratori possano romper pietre sulla loro mano senza farsi verun male; e se noi sentiamo non poco dolore, quando lasciamo cadere con forza sopra uno specchio d'acqua le palme delle nostre mani; se noi fermiamo il martello e la scure nel suo manico, dando un colpo nel manico o battendolo dal lato del legno contro al muro ecc. ecc.

Per finire diremo alcune parole sopra la *dilatabilità* o la *compressibilità* de' corpi. Tutte e due vengono non di rado annumerate alle proprietà generali, e si regolano in generale secondo l'influenza della pressione e del calore, cioè: *quanto più decresce la pressione e cresce il calore, tanto maggiore apparisce il volume dei corpi.* Una vescica piena d'aria, che si comprime, e posta sopra una stufa riscaldata si dilata di nuovo; una palla di ferro, che entra in un anello alla temperatura ordinaria, ma non quando è scaldata fin quasi all'arroventamento; una spugna ad uso di bagno il cui volume, come in generale quello di ogni tessuto molle, può esser ristretto alla metà, al terzo, al quarto, al quinto ecc.; le monete e le medaglie che quando ricevono la loro impronta per mezzo d'una

violenta percossa, perdono parimente di grossezza ecc.; ci possono insegnare intanto come si comportino le dette due proprietà. Per altro esse ci riconducono involontariamente alla porosità; perchè come potremmo noi comprimere bene un corpo, che possedesse una perfetta densità? » I liquidi sono incomparabilmente meno compressibili che i solidi. Così per esempio una volata di cannone con pareti grosse tre pollici, scoppia prima che noi vi abbiamo introdotto l'acqua a 9|200 del suo volume. Tutto al contrario avviene dell'aria e degli altri gas.

Digitized by Google

SEZIONE SECONDA.

Del moto e dell'equilibrio dei corpi solidi.

§. 1.

Della quiete e del movimento dei corpi solidi in generale.

Voi vedete nel nostro studio, oltre molte altre cose, alcuni scrittoi, due tavole ed un armadio; voi sapete inoltre che gli uccelli volano d'albero in albero, i navigli scorrono sull'acqua, le carrozze sulle strade maestre ecc., in quale stato si trovano quegli oggetti, e in quale questi? *I primi, che permangono nel loro stato,* SONO QUIESCENTI; *gli ultimi all'incontro che si mutano almeno rispetto a certi corpi,* SI MUOVONO. Che però gli scrittoi, le tavole, gli armadii, non siano per alcun modo in perfetta quiete, ve lo insegna ottimamente la semplice considerazione, ch'essi unitamente alla scuola stanno sulla terra, che si muove così intorno a se stessa, come intorno al sole. Onde la loro quiete è solo apparente o relativa; una quiete *effettiva* o *assoluta* sarebbe poi quando gli scrittoi, le tavole ecc. conservassero inalterabilmente il loro stato in tutti i punti nel grande spazio dell'universo. Ma corpi quiescenti nel più rigoroso senso della parola non se ne trovano; *anzi nel mondo tutto è movimento e vita.*

Come noi distinguiamo una *quiete relativa* ed una *assoluta,* così anche un *moto relativo* ed uno *assoluto.* Chiunque andò di corsa in un naviglio o in una carrozza, osservò bene ancora come le rive, le case, gli alberi, e simili sembravano fuggire. « Non è egli strano? » Notate! *Ogni moto, che segue solo in riguardo a quei punti, che non sono essi stessi fermamente in quiete, è detto* RELATIVO. Volete voi finalmente formarvi un chiaro concetto del moto ASSOLUTO? rappresentatevi innanzi tratto uno spazio, effettivamente quiescente; e poi un corpo che comparato con quello spazio muti la sua posizione. Supposto che la nostra terra stia ferma, noi vediamo in un uomo che sopra un naviglio retrocede appunto tanto quanto quello s'inoltra, un oggetto che si trova al medesimo tratto in riposo assoluto e in movimento relativo.

Poichè voi sapete come si comportano la quiete e il moto relativi e assoluti, io non ho che a rivolgere la vostra attenzione sopra questi due punti:

1. Noi siamo quasi sempre inclinati a tener per facile la decisione, se un corpo sia in quiete o in moto. È pure ell' è difficile; o non abbiamo noi forse mai osservato movimento, dove dominava la quiete, e per converso quiete in un altro luogo dove seguiva movimento? Che cosa segue per esempio rispetto a tutti gli oggetti vicini a voi, quando vi girate rapidamente attorno sopra il tacco del vostro stivale? Che della luna che voi miravate sotto una nuvola non interrotta? Che del sole che voi già vedeste sì spesso sorgere in Oriente e tramontare in Occidente? Che infine di tutti gli oggetti in sulla riva, sui quali voi dalla cameretta d'un naviglio che veleggiava con ragguardevole rapidità, indirizzavate i vostri sguardi?

2. Chi vuol ricercare se la terra si muova effettivamente intorno a se stessa come intorno al sole, dee evidentemente guardare a quegli oggetti, che non sono in immediata relazione con loro; solo le attente considerazioni sul sole e le innumerevoli stelle possono convincerlo che solo la terra si muove, e che rispetto a lei tutti quei grandi corpi sono da comparare agli oggetti ch'egli già vide così spesso camminare alle due rive di un fiume navigabile, sebbene essi stiano fermi.

§. 2.

Delle diverse specie di moto.

Chi vuol imparare a conoscere e a determinare le diverse specie di moto, dee volgere i suoi sguardi delle tre nozioni, via, tempo e celerità.

1. *Lo spazio, che un corpo qualunque percorre, si chiama il suo cammino. Se l'oggetto che si muove è solo un punto, egli descrive senza più una linea, ch'è* RETTA, *se non devia dalla direzione che ha preso una volta; e quando devia, descrive una* CURVA.

2. Ogni movimento esige una certa durata, perchè egli è impossibile che un corpo qualunque si trovi nello stesso istante in due e più diversi punti del suo cammino. *Questa durata è quella appunto che si chiama tempo.*

3. *Dal conguaglio della via che un corpo ha percorso, e dal tempo ch'egli vi ha speso, noi ricaviamo il concetto dell'intima grandezza del suo movimento, o della sua celerità.*

In seguito di molteplici osservazioni, che alcuni hanno instituito sopra questa materia, nello spazio d'un minuto secondo una lumaca percorre circa 1|200 di piede, un pedone 5 piedi, un vento moderato 10, un naviglio che veleggia velocemente 14, una locomotiva sulle strade ferrate 30, un turbine 50, un'aquila 90, un piccione messaggiero 110, un oragano 120, un suono a 10 gradi di calore Réaumur 1024, una palla di archibugio al più 1500, una grossa palla di cannone sopra 2000 piedi. Per unità di celerità noi prendiamo il movimento per *un piede in un secondo;* onde l'espressione, la celerità di un corsiero o barbero inglese è 60, significa che esso fa 60 piedi in un secondo.

I corpi percorrono la loro via in modi assai svariati: quanto diversamente si muovono p. e. una palla sulla carriera del giuoco dei birilli, da quel che fa una pietra che cade a basso da una torre! e il moto di questo sasso quanto è diverso da quello d'un pendolo mosso da ruote! Notate!

1. *Quando un corpo in tempuscoli eguali percorre egual cammino, la sua celerità per conseguenza resta sempre la stessa; onde questo moto noi lo chiamiamo* UNIFORME. L'unico esempio che si conosca d'un movimento uniforme è il movimento della terra intorno a se stessa; almeno si aggiusta tanto al movimento indicato che noi non siamo in grado a notarvi una ragguardevole deviazione Al movimento uniforme si contrappone il non uniforme. « Ma come diversificano? » Ora considerate bene che alle mie dimande possono darsi due risposte.

2. *Se un corpo in ogni successivo eguale tempuscolo percorre uno spazio sempre maggiore, questo movimento non uniforme prende il nome di* ACCELERATO. Or qual movimento s'intende sotto il nome di RITARDATO? E chi sa poi indicare quei corpi che si trovano non di rado ora in moto accelerato, ora in moto ritardato?

3. *Il movimento si chiama* COSTANTEMENTE O UNIFORMEMENTE ACCELERATO, *quando cresce in ogni successivo, sebbene quanto si voglia piccolo eguale, tempuscolo.* Come v'è un movimento costantemente accelerato, così ve n'è anche uno COSTANTEMENTE O UNIFORMEMENTE RITARDATO. Un corpo che cade liberamente dall'alto al basso è esempio del primo; un corpo gettato in aria in direzione verticale è esempio del secondo. *Se le variazioni non succedono in transizioni insensibili, il movimento nel* PRIMO *caso è* UNIFORMEMENTE ACCELERATO, *nel secondo* UNIFORMEMENTE RITARDATO. Come si comportino i *movimenti proprii* e *comuni, semplici* e *composti, liberi* e *non liberi*; (gli ultimi soglionsi chiamare movimenti per cammino

prescritto) *oscillatorii*, *rotatorii*, sarà mano mano spiegato nel processo dell'opera.

Per altro ogni movimento presuppone una forza, secondo che questa cresce o decresce, così pure cresce o decresce la celerità. Ma poichè questa è determinata dal maggiore o minore volume dei corpi, egli è tanto più necessario di determinare una misura anche per la forza. Notate! *Quella forza che deve essere presente per alzare* UNA *libbra con* UN *piede di celerità, noi la chiamiamo* L'UNITÀ *o la* MISURA DELLE FORZE.

§. 3.

Del movimento uniforme dei corpi.

Avendo in animo d'illustrare oggi più particolarmente il movimento uniforme, vi prego innanzi tratto di ricercare esattamente nei seguenti esempii in quali rapporti si trovan tra loro il cammino, il tempo e la celerità in esso movimento! *Primo esempio.* Un messo percorre in 8 ore solo 4 miglia; un altro nello stesso tempo ne percorre sei: « in tali circostanze come stanno tra loro le loro celerità? Queste, poichè i due messi hanno corso lo stesso spazio di tempo, stanno come 4 miglia a 6 miglia; e per conseguenza come 4 a 6 o come 2 a 3.

Secondo esempio. Un abile pattinatore percorse in 20 minuti 18 mila piedi in sul ghiaccio; una slitta che doveva costantemente accompagnarlo, non raggiunse che dopo 30 minuti quella meta a lui assegnata: quai numeri indicano ora il rapporto delle due celerità? Appunto 20 e 30, e pertanto quei numeri che ci danno il tempo, che il pattinatore e la slitta hanno impiegato; ma in questo caso in rapporto *inverso*.

Terzo esempio. Un barbero o corsiere inglese fece in 4 secondi 360 piedi; una mosca spinta al massimo sforzo fece in due secondi 270 piedi. Chi sa ora dirmi quante volte la seconda fu più celere che il primo, e come noi anche qui dai numeri dati possiamo trovare il rapporto che si cerca. La mosca fu appunto una volta e mezzo più celere che il cavallo; perchè essa percorse in 1 secondo 270|2=135 piedi, ed egli nello stesso tempo solo 360|4=90 piedi. 135 è uguale a 30 più la metà di 90. Onde i quozienti 270|2 e 360|4, tratti dai numeri dati ci mostrano il rapporto che si cerca.

Questi tre esempii v'insegnano altrettanti principii generali, e suonano così:

1) *Le celerità stanno l'una all'altra, quando i tempi sono eguali, come le vie percorse.*

2) *A spazii eguali stanno coi tempi che vi si sono impiegati in rapporto inverso.*

3) *Quando le vie come i tempi sono ineguali, quei quozienti che noi otteniamo dividendo* (*) *le vie percorse co' tempi impiegati ci danno il loro rapporto reciproco.*

—Come finora io ho fatto quesito delle velocità, così dovrei ora far trovare, 1° *gli spazii percorsi* e 2° *i tempi impiegati;* ma tutti i problemi appartenenti a questi punti sono così semplici, che mi è lecito supporre che voi potrete scioglierli senza il mio aiuto. Pertanto io li tralascio, e da ultimo espongo solo il principio che vi rimanda alla connessione tra la via, il tempo e la celerità.

Il cammino che fa un corpo che procede uniformemente è proporzionale al tempo, « onde noi troviamo esso cammino quando moltiplichiamo la celerità con quel tempo, che v'è stato impiegato ».

Segnando il cammino con s, il tempo con t e la celerità o velocità con c abbiamo

$$\text{I } s = tc; \text{ II } t = \frac{s}{c} \text{ e III } c = \frac{s}{t}$$

L'altra parte del moto uniforme si estende in quei casi, ne' quali un corpo nello stesso tempo si trova in due o più movimenti. Navigli che veleggiano contro la corrente o anche verso il mezzo del fiume, o comete di carta, o cervi volanti che noi facciamo salire all'aria aperta; palle di bigliardo, che da due persone allo stesso tempo sono spinte a diverse direzioni ecc. ci danno molteplici occasioni di osservare i movimenti de' quali parliamo. Considerate ora innanzi tratto con attenzione i seguenti esempii!

Primo esempio, Una navicella cammina con la velocità di 500 piedi in un minuto; un uomo poi, che fino allora è stato tutto tranquillo presso la camera, percorre nello stesso tempo la via lunga 80 piedi fino all'albero: « di quanti piedi l'uomo si è avanzato effettivamente nel suo cammino? » di 580 piedi, perchè egli percorse 80 piedi verso la stessa direzione, oltre i 500 piedi che egli percorreva contemporaneamente col navicello.

Secondo esempio. « Quale sarebbe stata la grandezza del suo mo

(1) S'intende bene che quest'ultima espressione, alla cui precisione si può senza dubbio apporre, non si riferisce che ai numeri; l'uno dei quali indica la lunghezza della via e l'altro la durata del tempo. I tre principii che abbiamo dati restano poi giusti altresì, se noi usiamo *forza* invece di celerità.

vimento, s'egli, tutto all'opposto, fosse andato dall'albero fino alla camera?» Egli in tal caso avrebbe evidentemente percorso in *un* minuto 500—80; per conseguenza solo 420 piedi.

Questi due esempii bastano bene a convincervi della verità di due principii, che si riferiscono ai movimenti in *una* e medesima linea di direzione; ma prima che io gli profferisca, vi rammento di nuovo che le espressioni *forza* e *velocità* sono equivalenti!

1. *Se le forze agiscono in* UNA *e medesima direzione, il corpo progredisce con quella celerità, che è eguale alla somma delle singole forze.*

2. *Ma se le forze agiscono in opposizione l'una all'altra, o il corpo resta in quiete quando sono egualmente grandi, o progredisce nella direzione in cui la forza più considerevole l'ha trasportato, con una tale velocità, che rappresenta la differenza delle due celerità primitive.*

Chi voglia da ultimo rendersi perfettamente chiaro il principio ultimamente esposto, decomponga la forza maggiore in due parti talmente che l'*una* parte sia perfettamente eguale alla forza opposta, e pertanto annullata da lei. Onde il movimento resta evidentemente effetto dell'altra parte della forza, o della differenza delle due forze primitive.

Se un corpo ha più che due movimenti, volti bensì alla medesima direzione (può per esempio un punto avanzarsi sopra una linea, la linea in una superficie, la superficie in un corpo, il corpo in uno spazio più grande di quello che occupa egli stesso e va discorrendo) noi abbiamo assolutamente bisogno di maggior tempo per appurare il suo vero movimento; ma il nostro lavoro non è un lavoro nuovo, non fa che reiterarsi; onde resta propriamente sempre il medesimo. Avviene tutt'altrimenti, quando le linee di direzione sono diverse o s'incontrano sotto un angolo. A dichiarazione di questo caso, serva l'aggiunta figura (fig. 1). Il punto *a*

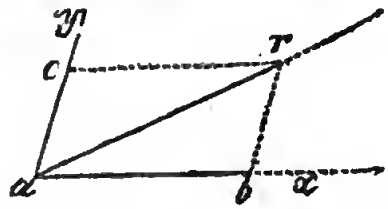


fig. 1

rappresenti il corpo di cui vogliamo sapere la velocità; *a x* una direzione e *a y* l'altra; direzioni che riceve da due forze diverse. Supponendo ora che una di queste forze lo porti in un minuto fino

in *b*, l'altra nello stesso tempo fino in *c*, ecco che noi per trovare subito il luogo, dove il corpo sarà arrivato alla fine di quel tempo dobbiamo solo tirare *b r c* parallelo ad *a c; c r* parallelo a *a b* e *a r* diagonale del parallelogramma *a b r e* che ne vien fuora. Il punto *r* ci determina evidentemente il luogo da cercarsi; perchè anche la linea *a b* progredisce uniformemente, mentre il corpo detto si muove da *a* verso *b*, percorre precisamente nello stesso tempo la via *a c*, ed all'ultimo è passato nella posizione *a r*. Nella figura 2 (fig. 2) A

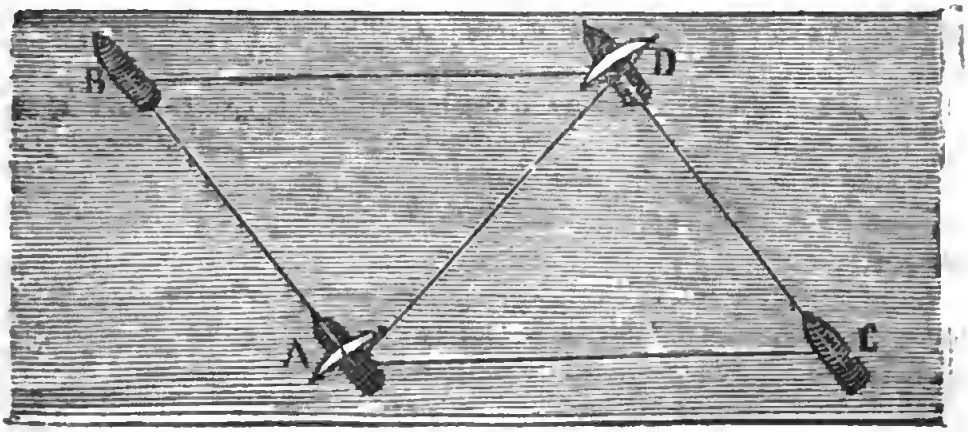


fig. 2

segni in sulla riva di un fiume il punto dal quale salpa appunto un navicello; A B l'un cammino ch'ei fa per forza di vento, e A C l'altro che percorre solo per opera della corrente, in un tempo determinato, mettiamo in un quarto d'ora. Supponghiamo ora che ei sia spinto innanzi contemporaneamente dal vento e dalla corrente, ne viene che esso durante il tempo stabilito deve percorrere il cammino da A verso D, vale a dire arrivare in D al fine di un quarto d'ora, come s'egli fosse stato mosso per un quarto d'ora (1) solo dal vento, e (2) solo dalla corrente. « Ma dove troviamo noi questo corpo (guardate la figura 3!) (fig. 3) quando egli ha percorso appunto la

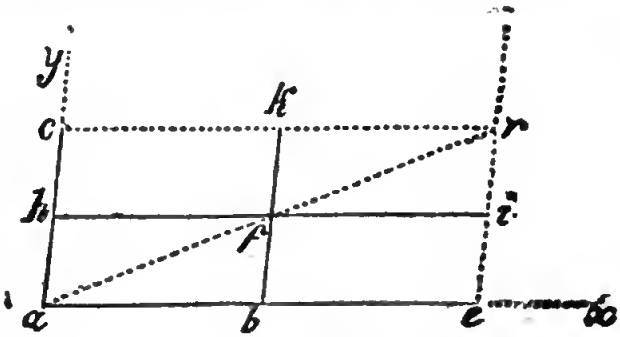


fig. 3

metà del suo cammino? » precisissimamente in *f*, vale a dire appunto nel mezzo della diagonale *a r*. Nell'istante cioè, che il corpo è giunto alla metà evidentemente in *b*; anche la linea *a e* ha percorso la metà di *a c*, e per conseguenza *h i* rappresenta il loro attuale stato, e tra gli altri *f* il punto *b*. Quello che voi dovete osservare principalmente in questo è l'importante circostanza che *f*, il nuovo posto del nostro corpo, giace nella diagonale *a r* Vedete ora voi stessi ove avete a cercare il corpo al fine del primo terzo, quarto, quinto del suo cammino. Ciascuno di questi nuovi punti appartiene pure alla diagonale *a r*. Non bisogna altro per convincervi, che il corpo nel suo progresso si trova sempre nella diagonale *a r* e che solo questa linea è quella sopra cui secondo il nostro presupposto, esso percorre il suo cammino e che c'insegna in pari tempo a conoscere la velocità, a cui le due forze l'hanno messo.

Ora io espongo i seguenti principii:

1. *È perfettamente tutt'uno, se noi diciamo che il corpo* A *ha le due velocità* A E *e* A C, *o ch'egli si muove nella direzione di* A R. Così appunto noi intendiamo sotto *a e*, *a c* e *a r* ora la misura delle celerità; ora il cammino che il corpo ha percorso uniformemente in tempi eguali.

2. *Noi possiamo non solo rappresentare in* UNA *linea ogni due movimenti della specie indicata, ma anche, tutto all'inverso, ogni particolar movimento in* DUE *linee: a e* e *a c* trapassano secondo il nostro esempio in *a r; a r*, il che non è meno chiaro, in *a e* e *a c*. Rispetto all'ultimo caso noi ci esprimiamo anche così: *la forza data si decompone in altre forze*. Quanto poi sia necessario considerare una forza come il risultato di due o più forze, ce lo mostrano parecchi fenomeni, che noi abbiamo a spiegare.

3. *Più è acuto l'angolo, sotto il quale s'incontrano le linee di direzione, tanto più lunga è la diagonale del parallelogramma, tanto è più ragguardevole la celerità o grandezza del movimento*. Mostrate con alcune figure sopra la lavagna che è al muro, la giustezza anche di questa asserzione.

4. *Se ad un corpo qualsiasi si applichino più celerità che* 2, *e pertanto agiscono sopra lui* 3, 4, 5 *o anche più forze, voi trovate il cammino che esso realmente percorre, riunendo reiteratamente le forze* 2 *a* 2 *in* UNA *forza*. Un esempio vi chiarirà meglio questo principio: *a b*, *a c* e *a d* siano le tre forze che cercano di tirare un corpo da un punto *unico* ad altrettante diverse direzioni. Per trovare la *risultante*, vale a dire quella forza che è il risultato di tutte le singole forze, voi dovete rappresentare 1° le forze *a b* e *a c* in una forza (noi la vo-

gliamo nominare *af*) e 2° medesimamente le forze *af* e *ad* in una forza la quale si chiami *ag*. « Chi mi tratteggia una figura adatta, e che mi spieghi chiaramente tutto ciò? »

Come finalmente si comporta il movimento d'un corpo, quando le forze operatrici eleggono diversi punti di partenza? voi lo imparerete nello studio della Leva.

§. 4.

Del movimento uniformemente accelerato, e del movimento costantemente ritardato dei corpi.

a) *Del movimento uniformemente accelerato.*

Tra i molteplici movimenti, in cui i diversi corpi possono trovarsi, il moto *costantemente* od *uniformemente accelerato* è quello in ispecie, le cui leggi non erano nè facili a scoprire, nè sono agevoli a comprendere. Ma voi dovete oggi acquistarne più particolare contezza. Ecco qua prima di tutto una palla di piombo Mentre io la fo cadere 2, 3, 4 volte da diverse altezze sulla mia mano, io mi convinco ch'ella produce una percossa tanto più rilevante, quanto è più lungo il cammino ch'ella percorse dal suo punto di partenza fino alla mia mano. « Sarebbe buon consiglio di raccogliere in mano la palla, s'ella cadesse da una torre, o in generale da assai ragguardevole altezza? » Voi dite di no, temendo che la palla in una tale caduta potrebbe facilmente forarvi la mano. Notate adunque: *La veemenza della percossa dipende dalla grandezza della conseguita celerità, e questa dall'altezza onde un corpo è caduto al basso.* Alla dimanda, se anche le penne, i fili di paglia, i ritagli di carta ed altri corpi simili, che noi vediamo d'ordinario avvicinarsi così lentamente alla terra, siano del pari sottoposti alla legge surriferita, io vi rispondo che tale è assolutamente il caso, e che solo l'aria impedisce loro di pervenire alla velocità, che senza quella resistenza conseguirebbero. *Qui si parla solo di quei corpi, che cadono in uno spazio vuoto d'aria e in generale non soffrono quasi menoma resistenza; ad essi soli si riferisce così la legge precedente, come ogni legge che segue.*

Per trovare le leggi del moto costantemente accelerato, o come io mi esprimerò d'ordinario, della libera caduta dei corpi, alcuni (io ricordo soltanto il gran Galilei) hanno posto osservatori nei diversi piani di un'alta torre, e poi quasi dalla sua cima, ad un tempo esattamente determinato, hanno lasciato cadere più palle; solo la gran

celerità che le palle avevano assai presto conseguita sotto tali circostanze, impedì gli osservatori ogni volta di trovare l'istante in cui le palle arrivavano presso loro. Incomparabilmente meglio corrisponde a tal fine la macchina di Atwood; ella sola ci rende possibile di lasciar cadere ciascun corpo celeremente o lentamente a nostro piacere. In essa voi vedete prima di tutto una carrucola (fig. 4) che si volge facilmente intorno ad un asse orizzontale, ed è fissata all'estremità superiore di una colonna verticale, alta circa 7 piedi; inoltre un cordoncino che corre sopr'essa, ed è teso alle sue estremità da due eguali pesi cilindrici *m*. Presupposto che il cordoncino abbia una quasi insensibile gravità, e la carrucola sia pochissimo impedita nel suo girare (l'attrito non può esser levato affatto) ne viene che la menoma percossa che noi diamo all'uno e all'altro peso deve porre i due cilindri in un moto uniforme. Figuratevi ora che noi ponghiamo una piccola verga di metallo sopra uno dei cilindri. Essa non può mai cadere senza che i due pesi partecipino al suo movimento. Ciascuno lo vede, come pure riesce abbastanza chiara a ciascuno la circostanza che è qui principalmente da notarsi, che quel peso, che porta la piccola verga di metallo cade tanto più velocemente a terra, quanto più fortemente l'abbiamo caricato. Noi possiamo pertanto a nostro arbitrio ritardare od accelerare il movimento. Se, per es., noi supponghiamo che la piccola verga pesi solo un loth, e ciascuno dei due cilindri ne pesi 7, ne viene che la forza motrice, non agendo più solamente sopra la piccola verga, ma eziandio sui pesi cilindrici, vale a dire sopra una massa quindici volte maggiore, deve manifestamente apparire 15 volte più piccola; vale a dire la piccola verga percorrerà senza più la quindicesima

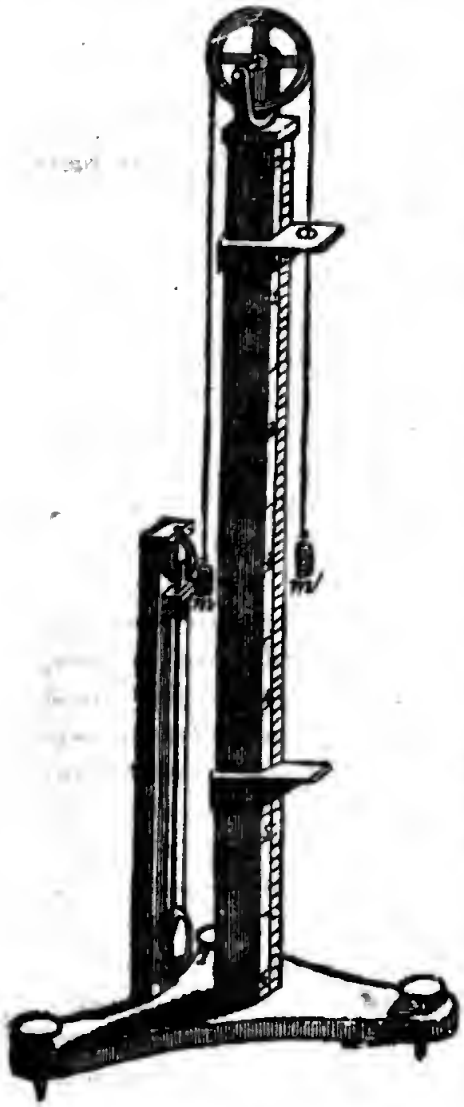


fig. 4

parte del cammino, che cadendo liberamente avrebbe percorso in un certo tempo. Onde può evidentemente il sovrappeso eleggersi tale, che la verghetta di metallo nel suo cammino s'avanzi esattamente un pollice nel primo secondo. Come mostra poi la figura della macchina d'Atwood, la colonna verticale è divisa in un gran numero di piccole parti, ciascuna delle quali potete figurarvi lunga un pollice. Il più alto punto della divisione si chiama lo *zero* della scala. Se finalmente sappiate che ad ogni punto che si voglia della scala si possano fermare 2 piattelli, il più alto de' quali è forato a disco, voi agevolmente scorgete con la massima precisione ogni esperimento, a cui la più volte nominata macchina ci offre sì bella occasione. Ma prima che io passi agli esperimenti ed esponga le leggi a cui essi ci guidano, io tenterò di svolgerli ancora per un'altra via.

Voi sapete innanzi tratto, che un corpo mantiene il suo stato di quiete o di moto finchè una forza estranea non ne lo rimuove; voi avete in secondo luogo imparato come la gravità agisce senza interruzione sopra tutti i corpi: « applicate ora questi due principii al moto costantemente accelerato ». La celerità, che la forza di gravità comunica ad un corpo nel primo tempuscolo, forse nel millesimo d'un secondo, durerebbe quando anche ella non esercitasse più alcuna azione sopr' esso. Ma ella continua in successivi tempuscoli reiteratamente e anche costantemente, come noi possiamo supporre, in forza eguale. « Or chi potrebbe, stando così le cose, aver dubbio che la celerità si moltiplichi esattamente nello stesso rapporto, vale a dire che ella nel secondo tempuscolo diventa due volte più grande che nel primo, nel terzo 3, nel quarto 4 ecc ? E anche gli spazii che un corpo nei diversi tempuscoli eguali successivamente percorre, non devono essere proporzionali l'uno all'altro? Non dimenticate che noi non possiamo estendere quel rapporto a tempuscoli di significante grandezza, neppure a secondi o a minuti, e che solo il calcolo ci può far indurre da quello che segue in piccoli tempuscoli quello che dee seguire nei grandi. La macchina d'Atwood conferma egregiamente quanto dicemmo. Supponiamo che quel peso *m*, che dee portare la piccola verga di metallo, stia nel suo piano inferiore a livello dello zero, e percorra appunto un pollice nel primo secondo; se noi ponghiamo sempre il piattello forato a' suoi proprii luoghi noi avremo sempre il piacere di udire percuotere quel peso dopo 2 secondi a 4 pollici, dopo 3 secondi a 9, dopo 4 secondi a 16, dopo 5 secondi a 25, dopo 6 secondi a 36 e va discorrendo. Molto ingegnoso e interessante è l'esperimento seguente. La grandezza della forza accelerata è, come

si sa, determinata solamente dalla gravità del soprappeso. Chi può adunque in qualsiasi momento renderla inattiva, vede chiaramente allo stesso tratto, che da allora in poi i due pesi cilindrici continuano il loro cammino con celerità uniforme, e vede quanti pollici, piedi ecc. essi percorrono in un tempuscolo determinato, per esempio in un secondo. A tutto ciò la macchina d'Atwood gli presta un eccellente mezzo. Figuratevi che il soprappeso *n* abbia la figura qui apposta (fig. 5), che ad ogni punto per mezzo del piattello forato possa essere improvvisamente fermato, e sia poi così disposto, che nel suo cammino progredisca esattamente un pollice nel primo secondo; poi non ci resta che a badare che la base del soprappeso stia a livello dello zero, la superficie del piattello forato, precisamente ad un pollice della scala, ma la superficie del piattello inferiore a tre pollici tanto al di sotto della scala quanto rileva l'altezza del peso *m* caricato d'*n*. Come tutte le condizioni siano adempiute, comincia il moto dei due cilindri *m* e del soprappeso *n*. Ed ecco: dopo un secondo batte il soprappeso; ma dopo due secondi lo stesso cilindro *m*: il punto superiore dell'ultimo corpo ha per conseguenza nel primo secondo percorso la via da *o* fino ad *i* con velocità accelerata, e nel secondo la via da 1 a 3 con velocità uniforme. Per levare ogni menomo dubbio intorno alla verità della suespressa asserzione, noi non dobbiamo che accomodare il soprappeso in modo che percorra nel primo secondo lo spazio di 2, 3, 4 pollici ecc., allora il cilindro *m* nel secondo minuto secondo progredisce nella sua via 4, 6, 8 pollici e va discorrendo ecc. « Ma come si comporta la celerità di questo cilindro, quando noi rendiamo inoperoso il soprappeso per mezzo del piattello forato alla fine del secondo, terzo, quarto secondo? » Presupponiamo che l'ultimo abbia al tutto la precedente disposizione e percorra nel primo secondo un pollice, allora il cilindro *m*, secondo che noi fermiamo il soprappeso alla fine del secondo, terzo, quarto secondo, percorre in ogni secondo successivo lo spazio di 4, 9, 16 pollici ecc. Certi ritardi, sebbene sempre assai insignificanti, devono considerarsi come effetto dell'attrito, che neppure nella macchina d'Atwood può esser levato del tutto. Tanto questi esperimenti, quanto ancora quelle spiegazioni sulla forza di gravità e sulla forza d'inerzia de' corpi attestano abbastanza la giustezza della seguente legge: *Le celerità, che un corpo cadente d'alto in basso consegue in certi tempuscoli, sono così esattamente proporzionali le une alle altre come questi tempuscoli. Inoltre anche le altezze delle cadute nei singoli e successivi tempuscoli stanno fra loro come i numeri impari; fi-*

fig. 5

nalmente tutto lo spazio che ha percorso è proporzionale al quadrato del tempo, scorso dal principio fino al termine della caduta. Ma si può pervenire per altra guisa a intendere le leggi della caduta libera de' corpi. L'esperienza insegna che la gravità nel primo secondo comunica ad un corpo che cade liberamente a basso la velocità di circa 30 piedi. Se il fatto sta così, di che non possiamo dubitare, la sua velocità dev'essere al fine del secondo minuto secondo 60 piedi, al fine del terzo 90, al fine del quarto 120 e va discorrendo. Ora si tratta di trovare la sua celerità media in ciascuno di questi tempuscoli. Ma quando considerate, che la velocità d'ogni corpo che cade liberamente al principio del primo secondo è zero, e al fine di esso è di 30 piedi; vi sarà chiaro che la sua velocità media nel dato tempuscolo ascende a 15 piedi, e che pertanto nel primo secondo percorre appunto altrettanti piedi. Al principio del secondo minuto secondo la sua velocità è 30, e al fine del medesimo 60 piedi. Onde qui quella semplice riflessione vi conduce alla celerità media, o alla grandezza dell altezza della caduta nel secondo minuto secondo, vale a dire a 45 piedi. Proseguendo nell'intrapresa via della riflessione, noi abbiamo la celerità media nel terzo secondo eguale a 75 piedi, pel quarto a 105, pel quinto a 135 e va discorrendo. Ora io vi dimando: 15 non è forse una volta, 45 tre volte, 75 cinque volte, 105 sette volte, 135 nove volte 15 e va discorrendo? pertanto le altezze della caduta non crescono nei singoli successivi tempuscoli come i numeri impari? » Or come se ne deduce presto la giustezza della terza legge! Poichè voi sapete che primieramente l'intera altezza della caduta dopo 2 secondi importa $1+3=4$ volte 15 piedi; dopo 3 secondi $1+3+5=9$ volte 15 piedi; dopo 4 secondi $1+3+5+7=16$ volte 15 piedi; dopo 5 secondi $1+3+5+7+9=25$ volte 75 piedi e va discorrendo; e che in secondo luogo 4 è il quadrato di 2, 9 il quadrato di 3, 16 il quadrato di 4, 25 il quadrato di 5 ecc. V'è impossibile dubitare che *gli spazii* che percorre un corpo che cade liberamente *non siano proporzionali ai quadrati dei tempi.*

Sciogliete da ultimo i seguenti problemi:

1. *Trovare il cammino, che un qualsiasi corpo, il quale cade d'alto in basso perfettamente libero, ha percorso in un dato tempo,* p. e. 4, 7, 9 *secondi e va dicendo.*

2. *Determinare il tempo che gli bisogna a cadere per uno spazio esattamente indicato.*

3. *Indicare la celerità che egli ha conseguito quando è giunto al fine di un determinato spazio, o anche di un certo tempo.*

Noi troviamo il *cammino* quando noi moltiplichiamo 15 piedi

pel quadrato del numero dei secondi; il *tempo* quando dividiamo per 15 l'altezza della caduta, che deve esser sempre espressa in piedi, ed estragghiamo la radice quadrata dal numero che ne risulta; la *celerità*, quando noi moltiplichiamo il numero dei secondi per 30, o come per innanzi cerchiamo la radice quadrata di quel numero, che c'indica il sessantuplo dell'altezza della caduta.

Se noi indichiamo con g la misura della celerità di un corpo che cade liberamente al fine del primo secondo, con s l'altezza della sua caduta in t secondi; con c la celerità, che esso ha conseguito dopo il decorso di t secondi, noi possiamo racchiudere le sopraddette leggi nelle formule seguenti:

I $s=\frac{g}{2}t^2$; $c=gt$; od anche mentre $c^2=g^2t^2$ e $\frac{c^2}{s}=2g$; III $c=\sqrt{2gs}$

Le leggi sulla libera caduta dei corpi sono state trovate primamente da Galileo nel 1602, e dimostrate particolarmente col mezzo del piano inclinato. Come servano a determinare la profondità di un pozzo, di una gran caverna e va discorrendo è tanto chiaro che non vi occorrono altre spiegazioni.

b) *Del moto costantemente ritardato.*

Che un corpo, lanciato verticalmente in alto per una qualsivoglia forza, salga con decrescente celerità, all'ultimo evidentemente si fermi e poi cominci a cadere, voi lo sapete da lungo tempo per propria esperienza; ma che il suo primo movimento, quello cioè fino al suo imaginato punto di quiete, sia costantemente ritardato, potrebbe esservi ancora ignoto. Considerate innanzi tratto, che la forza di gravità deve diminuire di necessità la celerità di un corpo che sale verticalmente nello stesso grado ch'essa accresce quella di un corpo che cade liberamente di alto in basso. Se per esempio una palla è lanciata in alto in modo che nel primo secondo raggiunga il punto *d* (fig. 6); essa sale nel secondo minuto secondo fino a *c*, nel terzo a *b*, nel quarto fino ad *a* (notate bene che da *e* fino a *d* sono 7 di quelle parti eguali, come da *d* fino a *c* 5, da *c* fino a *b* 3 e va discorrendo); arrivata a quel punto retrocede cadendo in modo eguale, nel quinto secondo per la seconda volta fino a *b*, nel sesto fino a *c*, nel settimo fino a *d* e al fine dell'ottavo secondo fino a *e*, punto della sua ascensione. Secondo il nostro presupposto la sua accelerazione era al principio 120 piedi (donde noi lo sappiamo?); al fine del primo secondo 120-30=90, al fine del secondo minuto secondo 90-30=60, al fine del terzo secondo 60-30=30 e al fine del quarto secondo

30-30=zero. Tanto vi basta sapere per potere rispondere ad ogni dimanda che vi venga fatta intorno all'altezza, al tempo e alla celerità di un corpo lanciato verticalmente all'insù. Ammettendo che scorrano 12 secondi tra il salire e lo scendere, è evidente che il corpo s'è allontanato dalla terra, poichè il tempo che mette a cadere s'agguaglia a 6 secondi, 6 volte 6 o 36 volte 15 pari a 540 piedi. ed è lanciato verticalmente in alto con una velocità, che lo trasportò nel primo secondo 180 piedi. Sia h l'altezza raggiunta, n la velocità al principio dell'ascensione e t il tempo che il corpo impiega per arrivare alla cima; ne viene, se noi diamo a g, t e c i valori conosciuti:

$$\text{I. } c=n-gt;\ \text{II. } t=\frac{n}{g};\ \text{III. } h=nt-\frac{g}{2}t^2$$

Quant'alto sale una palla di cannone, quanti secondi scorrono fino al suo punto visibile di quiete, e qual intima grandezza di moto possiede ad un tempo determinato, al fine p. e. del settimo secondo, essendo stata tratta verticalmente con la misura dell'accelerazione di 1600 piedi? È $t=1600|30'=53\ 1|3$ secondi, vale a dire la palla sale per 53 1|3 secondi; $h=1600.\ 53\ 1|3-15\ (53\ 1|3)^2=85333\ 1|3-42666\ 2|3=42666\ 2|3$ piedi; $c=1600-30.\ 7=1600--210$, =(piedi) 1390. Qui come in altri esempi già dati non si è naturalmente avuto nessun riguardo alla resistenza dell'aria.

Noi dobbiamo rispondere assolutamente *no* alla domanda: *è egli possibile il far ascendere un corpo da terra con tal velocità, ch'esso al tutto fugga da lei?* « No » perchè nessun uomo possiede la forza di dare eziandio al corpo più leggiero una celerità di tal mostruosa grandezza da cacciarlo in alto 35000 piedi durante il primo secondo. E questa celerità è la menoma che dovrebbe ricevere un corpo, che non avesse a ricader di nuovo sulla terra. Io preferisco un'altra questione: *Le pietre meteoriche possono dalla luna venir già fino alla nostra terra?* Imperocchè io più innanzi coglierò il destro di darvi particolari informazioni sopra questo fenomeno, che ha pôrto occasione a infinite risposte. Tutti i calcoli che noi abbiamo qui instituiti, s'acconvengono solo a quei corpi che non salgono troppo alti, nè cadono troppo bassi, perchè la forza della gravità decresce considerevolmente con l'allontanamento dalla terra.

fig. 6

§. 5.

Dei movimenti liberi curvilinei dei corpi.

a) *I movimenti di proiezione.*

Quando io lancio questa fava in quell'angolo della stanza, voi vi convincete, ch'essa descrive una linea curva; quale sia il cammino ch'ella fa, s'ella, p. e., in tutte le circostanze, vale a dire nelle projezioni diverse ritenga le sue primiere proprietà, è una dimanda, alla quale rispondere si richiede acuta riflessione, e grande attenzione; ond' accingiamoci tanto più valentemente al nuovo soggetto.

Nella qui aggiunta figura (fig. 7) *a* indica un'altura, dalla quale alcuno lancia una palla proprio orizzontalmente; *af* la direzione,

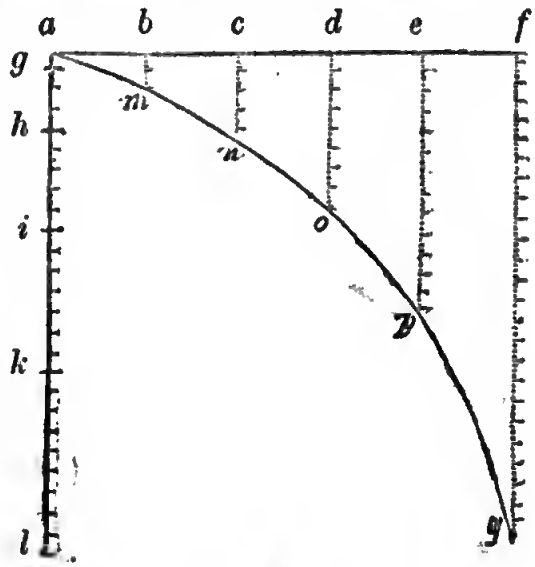


fig. 7

che questa, se la gravità non esercitasse nessuna influenza sopra di lei, seguirebbe costantemente con uniforme celerità; *al* il cammino che percorre un corpo, non già lanciato, ma cadente liberamente a basso da *a*. Il valore di tutte le altre linee vi può divenire successivamente chiaro mediante la seguente considerazione. Mentre la palla è in procinto di correre orizzontalmente da *a* verso *f*, ella è costretta in pari tempo dalla gravità di avvicinarsi sempre più alla terra. — Il suo cammino diventa pertanto tutto suo proprio. Considerate prima a questo proposito, siccome quella che agisce

sòlo in linea verticale non può punto contribuire ad accrescere o a diminuire la celerità orizzontale della palla. Ma di qua segue: che la palla in un certo tempo s'inoltra dapprima tanto fino a *f*, come se la forza di gravità non fosse presente, e in secondo luogo scende sì a basso nella direzione di *a l*, come avviene costantemente in un corpo che cade liberamente. Giunga p. e. nel primo secondo fino a *b* o *g*, nel secondo fino a *c* o *h*, nel terzo fino a *d* o *i*, nel quarto fino a *e* o *k*, nel quinto fino a *f* o *l*. — Ora, per trovare il luogo ch'essa ha raggiunto al fine d'ogni tempuscolo, dobbiamo noi soltanto prender le linee che cadono perpendicolarmente da *b*, *c*, *d*, *e* ed *f* — *bm*=*ag*, *cn*=*ah*, *de*=*ai*, *ep*=*ak*, *fg* =*al* (*ag*, *ah*, *ai*, *ak* e *al*) che rappresentano, com'è noto gli spazii percorsi nello scendere dall'alto in un secondo, in 2, 3, 4 e 5 secondi: *m*, *n*, *o*, *p* e *q* sono evidentemente i punti cercati e ora trovati.

Figuratevi inoltre che un corpo sia lanciato all'insù nella direzione obliqua di *af* (fig. 8) e con una forza che, se la gravità non

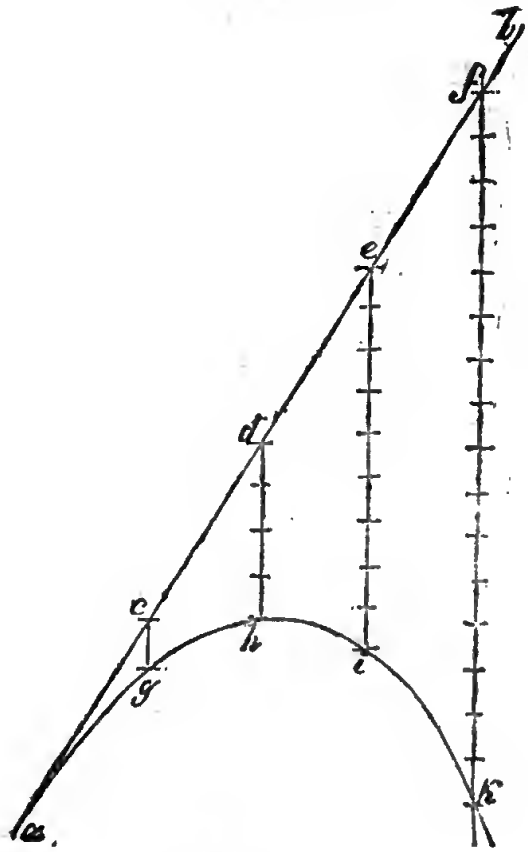


fig. 8

agisse di bel nuovo, lo porterebbe in 1 secondo a *c*, in 2 secondi a *d*, in 3 secondi a *e*, in 4 secondi a *f*, e segnate i luoghi, ch'essa realmente occupa dopo ciascuno di quei quattro tempuscoli eguali. — Fate *cg* lo spazio percorso nel primo, *dh* nel secondo, *ei* nel terzo e *fk* nel quarto secondo: *g*, *h*, *i* e *k* devono essere i punti da cercarsi. La prova è simile alla precedente. — *Ma come indichiamo noi tutto il cammino, che fino a tutti questi punti è stato percorso?* Osservate ora la linea curva *a g h i k*, e ricordate che non sòlo essa, ma ciascun'altra che nasce in un modo simile, e possiede proprietà che concordano pienamente con lei, porta il nome di parabola. (Tralascio la dimostrazione, che ci sarebbe di poca utilità.) — Quando si tirano le palle di cannone, progrediscono costantemente sotto un simile arco; onde l'artigliere non deve dirigere la sua arma micidiale esattissimamente all'oggetto che vuol colpire, ma dee invece tirar le palle ora più alte, ora più basse, secondo che il suo scopo è più o meno lontano da lui. Anche le palle d'archibugio percorrono una parabola. « Sapete voi perchè i due segni di mira della canna di uno schioppo, secondo le quali i cacciatori determinano la sua direzione, sono poste in modo, che la canna, quando porgon la mira ad un capriuolo, a una lepre, viene a stare un poco più alta? » — Presupposto finalmente, che l'aria non faccia alcuna resistenza, e che noi conosciamo esattamente la forza della polvere, come altresì l'angolo di direzione dei cannoni, noi possiamo trovare col calcolo non solo il tiro o portata, ma anche il tempo, che la palla impiega a compiere il suo cammino.

b) *I moti centrali.*

Ponete mente in prima alla linea *ab* (fig. 9) e figuratevi sotto *c* che

fig. 9

sta esattamente nel mezzo di essa, un punto, al quale sia tirato un corpo finora in quiete.

Presupposto che oltre quella forza non ne agisca in lui nessun'altra, egli deve in ogni successivo tempuscolo conseguire una maggiore celerità, vale a dire trovarsi nel moto uniformemente accelerato. La sua velocità è evidentemente massima nel punto *c*. — Giunto qui, egli prosegue il suo corso senza ritegno verso l'altro lato.

Digitized by Google

Tuttavia egli non arriva che a *b*; perchè la medesima forza, che nella prima metà del suo cammino l'ha messo in un movimento uniformemente accelerato, lo lascia decorrere nella seconda metà del cammino in un movimento costantemente ritardato. Ma egli non resta neppure in *b*, e voi scorgete bene ch'egli si moverà di nuovo verso *a*, in generale da *a* a *b* e da *b* ad *a*, finchè nessuna altra forza lo devii dal suo cammino.

Guardate ora la fig. 10. Anche in essa *a* rappresenta il posto onde muove primamente un corpo, e *m* una forza che agisce sopra esso nel modo precedentemente detto. Ora il mio nuovo assunto è di mostrarvi come si comporta quel corpo, quando un'altra forza cerca di muoverlo nella direzione di *a b*. Per compier meglio l'assunto e con minor fatica, io suppongo che quella prima forza si chiami P, questa seconda Q, e che l'influenza di P non si eserciti costantemente, com'è nella natura della caduta, ma a scosse. — P meni il corpo nel primo tempuscolo fino a *c*, Q all'incontro sino a *b*. — In tali presupposti è noto che la diagonale *a d* del parallelogramma *a c d b* indica la via percorsa dal corpo. — Nel secondo tempuscolo io trovo il suo cammino veloce come nel primo; perchè la semplice riflessione ch'egli durante l'ultimo tempuscolo sarebbe stato tratto da P solo fino in *f* (*bd* = *df*) e da Q solo fino ad *e* (*a d* = *d e*), mi fa riconoscere esso suo cammino nella linea angolare *d g* del parallelogramma *d f g e*. La mia figura vi dimostra finalmente anche la via che percorre nel terzo tempuscolo. — Non v'è bisogno che delle linee *a d* e *d g* per convincervi che il corpo, quando la forza P esercita la sua influenza a scosse, debbe descrivere una linea *spezzata*; ma quando l'esercita costantemente o uniformemente debbe descrivere una linea curva. — Poichè voi conoscete esattamente P, sapete ancora che il suo cammino è curvilineo. Quello poi che qui voi dovete imprimervi in mente, io lo racchiudo nei seguenti tre punti:

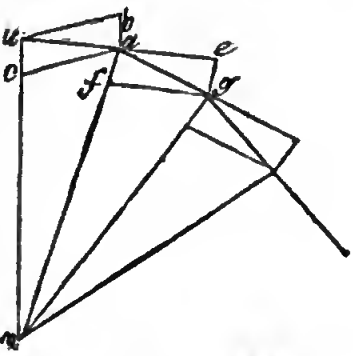


fig. 10.

« 1. *Quella forza che spinge senza interruzione un corpo ad un certo punto mediano o centrale* (ponete mente al punto *c* della fig. 9 e al punto *m* della fig. 10) *si chiama la* FORZA CENTRIPETA; *l'altra all'incontro che, tutto all'opposto, cerca allontanarlo da quel punto e gli dà pertanto un movimento che va per lato* (ricordatevi la forza Q) *si chiama la* FORZA TANGENZIALE O LATERALE. »

Tutte due le forze per altro prendono sovente il nome di FORZE CENTRALI, e i moti ch' esse provocano vanno sotto il nome di MOTI CENTRALI. — La forza centripeta si dimostra forza indipendente, realmente presente; perchè la tangenziale, toltone l'urto, che segue al primo principio, è solo un effetto dell'inerzia dei corpi. La così detta FORZA CENTRIFUGA è pari, ma opposta alla centripeta, e ci dice propriamente con qual forza un corpo vorrebbe allontanarsi dal punto centrale *c*, se la forza d'attrazione non lo rattenesse più indietro.

« 2. *I movimenti centrali seguono veramente a ciascun tempo in una linea curva; ma questa non rimane sempre eguale a se stessa; ma dipende rispetto alla sua figura in parte dalla forza e dalla direzione della forza tangenziale, — in parte dalla forza e dalle leggi della forza centripeta* ».

Un mezzo semplice, di facilissima applicazione di renderli sensibili, di chiarire almeno come nascano, ci vien porto da uno spago piuttosto lungo, che per uno dei capi sia fermato ad un qualsiasi oggetto, e all'altro sia appesa una piccola palla. — Deviata da un lato, la palla torna subito nella linea verticale del suo punto di sospensione, e permane tranquillamente in tale stato. — Qui manifestamente la gravità è la forza centripeta. Se nell' istante che io la lascio libera do alla palla un urto da un lato, ella descrive intorno al punto centrale (e per conseguenza nelle nostre precedenti figure intorno a *c* o *m*) ora un circolo, ora una così detta ellisse (*).

Figuratevi finalmente, che il filo, mentre è ancora teso, sia tagliato in qualsivoglia momento! « la palla non cesserebbe subito il suo movimento intorno al centro, e in virtù della sua inerzia non si allontanerebbe dal suo primo cammino per la direzione tangenziale? » La forza che tende il filo si chiama anche la *forza di vibrazione*, ma non è assolutamente altra che la *forza centrifuga*; essa viene in atto dovunque segue un movimento intorno ad un asse fisso, e dove inoltre le singole particelle sono in qualsivoglia modo impedite di allontanarsi da quell'asse.

(*) Chi vuol descrivere un'ellisse, conficchi due grosse spille in una tavola, e fermi tra loro un filo per modo che ne penda un poco lento. Dipoi io prendo un lungo pezzo di gesso acuminato, lo spingo contro al filo, e lo giro, mentre l'ultimo è teso ai due lati delle spille. La linea che ne vien fuori porta il nome di ellisse. Che in essa tutti i diametri non possano essere egualmente grandi, come nel circolo, è chiaro come altresì quanto che i due fuochi (le spille che li designano) sono egualmente lontani dal centro di questa linea curva, dove cioè il più lungo e il più corto diametro si tagliano l'uno l'altro.

Digitized by Google

« 3. *I movimenti centrali*, come grandi scienziati dell'età passata scopersero (cito tra gli altri *Keplero* e *Newton*) e altri dopo loro chiarissimamente hanno ridimostrato, *s'accordano perfettamente col maraviglioso corso dei corpi celesti* ». — Sol questo ci occorre di sapere, per riconoscerli nella loro alta importanza; per presentire almeno, secondo quali leggi la luna fa il suo corso intorno alla terra, e questa, come ogni altro pianeta, intorno al sole; brevemente, come in generale tutti i corpi celesti lanciati dall'Onnipossente nello incommensurabile universo, si mantengono in eterno ordine ed armonia.

A volersi chiarire che la terra schiacciata ai poli, abbia presso a poco la figura d'un melarancio; che l'asse di un paleo roteante perseveri nella posizione che ha ricevuto al principio della rotazione; che con un martello a lungo manico faccia più che un altro con breve; che le ruote bagnate schizzino; che una fromba spinga la pietra straordinariamente lontano, ripensi ciascuno alla forza centrifuga, e nella più parte dei casi almeno avrà il piacere di trovarvi precisamente la causa principale di quelli e di molti altri fenomeni.

§. 6.

Dei movimenti non liberi curvilinei dei corpi, o delle vibrazioni ed oscillazioni del pendolo.

Ecco qui una palla di piombo fermata ad un filo passabilmente lungo, e questo alla traversa d'una delle nostre tavole. Essa è ancora in quiete. Ma appena io l'ho tirata un poco da un lato, ella comincia a descrivere un arco dietro l'altro, finchè ella finalmente rimane di nuovo nella linea verticale del suo punto di sospensione. Questi suoi movimenti curvilinei sono evidentemente di alta importanza; perchè essi soli ci hanno reso possibile di misurare e dividere esattissimamente il tempo. Ne tragghiamo però anche altri vantaggi. — Innanzi tratto osservate:

« 1. *Si chiama* PENDOLO *uno di quegli apparecchi o instrumenti* che voi potete ora osservare non solo sulla nostra tavola, ma eziandio sempre a tutti gli orologi a muro, o pubblici, *composto di un corpo soggetto alla gravità e di un filo comune o di metallo, all' un dei capi del quale è fissato quel corpo.*

« 2. *Noi distinguiamo i pendoli* SEMPLICI O MATEMATICI, e i COMPOSTI O FISICI; nei *primi* che non si vedono mai nella realtà, voi

dovete figurarvi il filo senza peso affatto, e la palla come un punto senza più sottoposto alla gravità; all'incontro nei *secondi*, che si trovano infinitamente frequenti, è pesante ogni punto non solo del corpo sospeso, ma anche del filo.

3. *Ogni arco cui descrive un pendolo*, più precisamente *ogni suo moto avanti e indietro, è chiamoto una* VIBRAZIONE, o anche, nel caso che sia molto insignificante, UN'OSCILLAZIONE DEL PENDOLO.

Guardate ora la fig. 11. Io metto il pendolo nella posizione di *fa*; è evidente che la gravità è quella che costringe la palla *a* a percorrere l'arco di cerchio *al*. Questa azione cessa veramente in *l*; ma il pendolo, giunto quivi, può tuttavia non rimanere in quiete; perchè la velocità, ch'egli ha acquistato nella sua caduta da *a* fino ad *l*, lo continua a menar oltre giusta la legge dell'inerzia, ed esso percorre anche la linea curva *lb*. Ma in *b* la sua velocità è zero. — Quello che segue poi, si può facilmente raccogliere in poche parole. Le stesse forze che già l'hanno una volta cacciato dalle direzioni *fa* e *fl*, gli comandano in certo modo sempre di nuovo di vibrare di *b* in *a*, e per converso di *a* in *b*. Se si sospendesse il pendolo per modo, che non soffrisse il menomo attrito, e ci fosse inoltre possibile di distruggere totalmente la resistenza dell'aria, le sue vibrazioni durerebbero senza fine; e noi possederemmo pertanto in lui un vero *Perpetuum mobile*, vale a dire una macchina, che posta una volta in moto, permarrebbe costantemente in questo senz'altro aiuto. — Ma per sventura noi non possiamo allontanare al tutto dal nostro pendolo, nè quell' attrito che consiste particolarmente nella rigidità del filo, — nè quella resistenza, che è il principale impedimento.

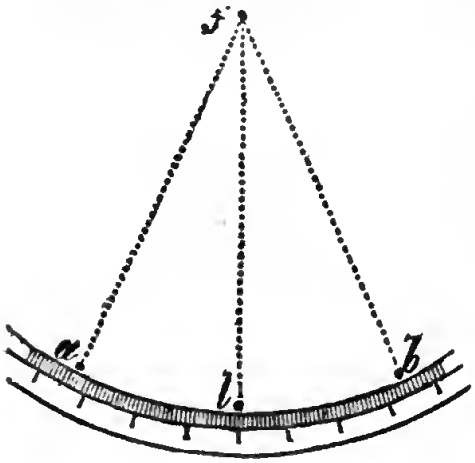


fig. 11

Io fo ora da capo descriver al pendolo archi più grandi o più piccoli con tutta la lunghezza e poi con la metà, col terzo, col quarto ecc. del filo. Supponendo che in questo tempo voi abbiate osservato con attenzione così le velocità ch'esso ha acquistate alle diverse altezze, come i tempi che gli occorsero a descrivere i diversi archi, io vi odo esporre i seguenti principii.

1. *Le celerità a cui pervenne il pendolo si regolarono costantemente secondo l'altezza della caduta dello stesso; più considerevole*

è l'altezza, tanto più grande è la celerità. Ed io aggiungo: *Esse corrispondono perfettamente nel pendolo semplice agli spazi percorsi.* La prova della mia asserzione si fonda principalmente sopra le leggi intorno alla libera caduta dei corpi.

2. *I tempi delle vibrazioni sembrano essere uguali in una medesima lunghezza del pendolo per tutti gli andirivieni*, per quanto questi si dilunghino gli uni dagli altri. — Notate! *così succede nel fatto*; e anche di ciò si trova facilmente la ragione. Quando il pendolo non è stato allontanato che poco dalla sua primitiva direzione verticale, esso vi torna anche semplicemente con una piccola velocità; se noi l'abbiamo all'incontro molto allontanato dalla sua posizione di quiete, o come ci esprimiamo comunemente, gli diamo un grande angolo d'impulsione (quest'angolo è formato dalla linea verticale e dalla nuova direzione del pendolo), allora esso acquista una celerità assai significante, e compie pertanto il suo grande arco in un tempo incomparabilmente breve. Tuttavia i tempi delle vibrazioni non s'accordano perfettamente, come l'esperienza costantemente insegna, gli uni cogli altri.

3. *Quanto più corto era il pendolo, tanto più velocemente vibrava; quanto era più lungo, tanto vibrava più lentamente.* — Anche quest'osservazione è giusta. — Se vi fosse stato possibile di comparare *esattamente* le vibrazioni del pendolo con la sua lunghezza, voi sareste pervenuti a questa legge importante: *I tempi delle vibrazioni stanno gli uni agli altri, come le radici quadrate delle lunghezze dei pendoli, o le lunghezze dei pendoli, come i quadrati dei tempi delle vibrazioni.* (*) — E realmente un pendolo che è lungo quattro volte più che un altro, compie solo *una* vibrazione, mentre l'altro percorre l'arco due volte. Nello sperimento che dimostra la giustezza di questa legge, le palle si sospendono a un doppio filo, come mostra la qui aggiunta figura 12. I numeri 1, 4, 9, indicano il rapporto delle tre lunghezze dei pendoli.

Per chiarirvi che i tempi delle vibrazioni non dipendono nè dalla massa, nè dal peso delle palle, non avete che a procacciarvi più pendoli di lunghezza eguale, con questo solo divario fra essi, che

(*) La legge sopra l'eguaglianza dei tempi delle vibrazioni è una delle prime scoperte di Galileo. La storia ci narra ch'essendo egli ancora assai giovane, osservò accidentalmente nel Duomo di Pisa le vibrazioni o ondulazioni di una lampada appesa alla volta, e prese maraviglia così del loro ritorno periodico, come dell'eguaglianza della loro durazione. Non ci volle di più per risvegliare il genio che ancora sonnecchiava in lui; egli riconsiderò subito l'indicato fenomeno ed arricchì il mondo mano mano non solo di quelle ma anche di molte altre leggi del pendolo.

la palla dell'*uno* sia di metallo, d'un altro di cera, d'un terzo di legno, ecc.

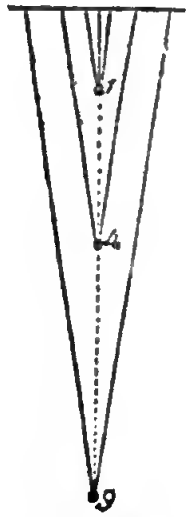


fig. 12

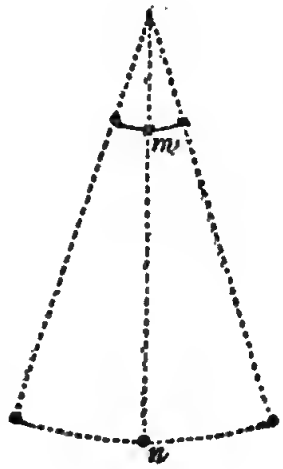


fig. 13

Tutto quello che io v'ho detto fin qui, è solo applicabile ad un pendolo semplice o matematico, e per conseguenza neppure a quello, il cui filo inflessibile è veramente senza peso; ma è pure aggravato di due molecole pesanti *m* e *n* (fig. 13); — *m* come più vicino al punto di sospensione ha evidentemente la tendenza di vibrare più celeremente che *n*, ed accelera pertanto il movimento dell'ultimo; *n* all'incontro agisce sopra *m* tutto all'opposto. Ne segue, che il pendolo deve vibrare con una celerità, che sta tra le due celerità, con cui le molecole *m* e *n* percorrerebbero gli archi da se sole. E così va con ogni pendolo materiale.

Chi non sa più che tanto del pendolo composto, vede tuttavia che v'è un punto nel medesimo, che non è nè accelerato, nè ritardato dall'altra massa dell'instrumento. — Questo punto si chiama *il punto di vibrazione*. Richiesti di cercarlo in un qualsivoglia pendolo fisico, cercate dapprima la lunghezza di quel pendolo matematico, che ha comuni con lui eguali tempi di vibrazione e trasportatela poi dal punto di sospensione al pendolo fisico. — Per sventura nella prima operazione incontriamo difficoltà appena vincibili. Dove e quando noi parliamo della lunghezza del pendolo composto, noi intendiamo sempre per essa la distanza del punto di sospensione dal centro di vibrazione.

Poichè, come voi vedrete meglio più innanzi, il calore crescendo dilata i corpi, scemando, li restringe, ne viene che, quando

non è tolta l'azione della temperatura, è impossibile che i pendoli vibrino sempre con eguale celerità. Gli artefici al principio hanno cercato di tor via questo inconveniente solo col costruire l'asta del pendolo di legno molto asciutto, bollito nell'olio; ma per avanti quando videro che questo mezzo rispondeva poco all'inteso fine, cercarono di provvedervi con la *compensazione*, che si fonda nell' ineguale dilatazione dei diversi metalli. Sentitene il particolare.

Supponete e. g. che il pendolo di una torre sia così costrutto che faccia precisamente una vibrazione in ogni secondo, o che la lancetta si sia avanzata precisamente 60 secondi, quando il pendolo ha compiuto altrettante vibrazioni. È evidente che quei tempuscoli non son più secondi, quando la lunghezza del pendolo si altera; come succede immancabilmente negli orologi comuni dal più rigido freddo invernale al più gran caldo estivo. Giusta diligenti osservazioni la differenza più grande per giorno ascende a 30 vibrazioni, e per conseguenza a un mezzo minuto. Negli orologi destinati alla vita comune, questo piccolo svario non fa caso; ma in quelli, di cui si servono gli astronomi, un errore di tal fatta è abbastanza considerevole. Però uomini ingegnosi hanno cercato da gran tempo di torlo via. — Graham, inglese, il quale fioriva nella prima metà del secolo decimottavo, costruì un pendolo sulla cui lunghezza la temperatura non doveva esercitare nessuna influenza: era di ebano, di pino, di abete e di noce. — Ma per sventura l'umidità che penetrava nei pori del legno cagionava altri errori. Per ovviare a questi inconvenienti, in processo di tempo alcuni, dopo aver prima seccato e bollito nell'olio di lino il pendolo secondo Graham, lo coprirono di una mano di vernice.

Incomparabilmente migliori, anche più in uso che i descritti, sono i pendoli di correzione e di compensazione costruiti pure per la prima volta da Graham. Imaginatevi parecchie aste di diverso metallo, per esempio di ferro e d'ottone, unite in modo l'una con l'altra, che all'aumento del calore quelle di ferro si dilatano per di sotto, quelle di ottone per di sopra. — È chiaro che così il centro di vibrazione si manterrà sempre nello stesso luogo, e il pendolo resterà sempre della stessa lunghezza. Graham ottenne quegli allungamenti eguali, e in opposte direzioni, in quanto che egli fissò le verghe di ferro che avevano a portare la lente del pendolo o il peso del pendolo, alla loro estremità superiore, e quelle di ottone alla loro estremità inferiore. — Harrison, nell'anno 1726, costruì i suoi pendoli composti ancora meglio che Graham. — Essi constano di 9 verghe tonde, cioè di quattro di rame, e 5 di acciaio, e si rincontrano al dì d'oggi in tutti gli orologi

astronomici Come proceda bene la uniformità delle sue vibrazioni, lo ritragghiamo abbastanza da questo, che un orologio di tale specie devia in un mese appena un secondo dal tempo giusto. Quel pendolo di correzione, del quale ieri vi tratteggiai il disegno (fig. 14), conta 5 verghe, cioè 3 d'acciaio, *ab*, *cd* e *pq*, e 2 di zinco *ny* e *xm*. La verga *pq*, che porta la lente, è fissata alla traversa *nx*. — Ora sapendo voi che le verghe di zinco si dilatano circa due volte più che le verghe d'acciaio, vi dee esser chiaro, che la lente *q*, quando tutte le verghe stanno fra loro in un giusto rapporto, dev'essere di tanto sollevata dall'ultime, quanto è abbassata dalle prime, o che lo stesso punto di vibrazione nelle più diverse temperature permane nella stessa distanza dal punto di sospensione.

fig. 14

Che ci ha finalmente insegnato il pendolo?

1. *Solo il pendolo*, quando pende quiescente, *ci mostra con la massima esattezza la direzione della forza di gravità*. Tutti gli esperimenti che gli scienziati hanno istituito sopra questo soggetto, ricondussero costantemente al risultato, che la direzione di essa è la *perpendicolare*, e che solo la vicinanza di montagne assai alte causa una piccola deviazione.

2. *Conferma pienamente l'asserzione che la gravità sotto l'equatore è minore che verso i due poli, e che decresce con la distanza dalla terra.* — Chi vuol sapere in che modo lo faccia, consideri prima, che le sue oscillazioni sono un effetto della forza di gravità; e in secondo luogo, che la sua maggiore o minore celerità dipende solo dalla nominata forza. — Ma il pendolo sulle alte montagne e sotto all'equatore oscilla diffatti un poco più lentamente che nei piani in vicinanza dei due poli. — Onde sull'alte montagne e sotto all'equatore dev'essere un poco accorciato, e nei piani molto; e in vicinanza dei poli dev'essere alcuna cosa allungato (*). — Nelle nostre contrade la lunghezza del pendolo semplice a secondi è a un bel circa 38 pollici prussiani o 3 piedi e 1/6.

3. *Il pendolo ci fa inoltre conoscere il cammino che un corpo*

(*) Quando l'anno 1672 l'astronomo francese Richer stabilì il suo orologio a pendolo a Cayenne, distante solo 5 gradi al nord dell'equatore, trovò che in ventiquattro ore andava indietro di due minuti e mezzo, e che per correggere l'errore doveva accorciare il pendolo di 3/4 linee; tornato a Parigi, si vide costretto di allungarlo d'altrettanto, perchè colà il suo orologio in un giorno andava avanti di 148 secondi. Pertanto Newton combattè a ragione il parere del Galileo: « che il pendolo deve oscillare con eguale velocità in tutti i luoghi della terra ».

che cade liberamente d'alto in basso, percorre nel primo secondo. — Mediante varie deduzioni, che io qui tralascio, essendo troppo difficili per voi, si dimostra evidentemente, che noi non abbiamo che a moltiplicare la lunghezza del pendolo a secondi, vale a dire 38 pollici con 4,9348... per arrivare a conoscere l'altezza della caduta nel primo secondo. Se le lunghezze del pendolo semplice a secondi e le altezze di caduta allo stesso luogo sono grandezze invariabili, di che noi per certe esperienze non possiamo dubitare, ne viene che tra l'une e l'altre deve intercedere un rapporto esattamente determinato, non sottoposto ad alcuna alterazione.

44. *Porge un ottimo mezzo di rendere uniforme l'andamento degli orologii.* — Dei vantaggi che si traggon dal pendolo questo è il più noto, il più universale, forse anche il più grande. In questa occasione io ricordo meritamente l'uomo di alta fama, ch'ebbe primo il pensiero di applicarlo agli orologii. Il nome di lui è Huygens o Hugenius; la sua patria l'Olanda; la scoperta cade nella metà del secolo decimosettimo. — Prima di Huygens, oltre gli orologii solari in uso ancora oggidì, non si avevano che orologii a polvere e ad acqua (clessidre); che per la loro somma imperfezione avevano appena diritto di chiamarsi orologii — Detraendo l'influenza della temperatura e la resistenza dell'aria, la qual resistenza poi è molto diminuita per la forma lenticolare del corpo inferiore, non v'è quasi nulla che produca errori nell'applicazione del pendolo all'andamento dei nostri orologii (rispetto alla temperatura ripensate al pendolo di compensazione). A qual maravigliosa perfezione l'abbiano gli artefici condotto nella costruzione degli orologii, ce lo mostra tra gli altri l'orologio a pendolo che si trova nell'osservatorio d'Altona; svaria appena di un secondo in 24 ore, come l'osservazione di cinque anni ha dimostrato.

§. 7.

Dei movimenti dei corpi per impulsione.

Ecco ancora una palla d'avorio in mezzo alla tavola. — Il mio primo esperimento v'insegni s'ella permane nello stato indicato, quando io fo percuotere contr'essa un'altra palla. — Nello stesso tempo io pongo in moto due altre palle, e in modo che corrano l'una sull'altra, e si colpiscano vicendevolmente. — I risultati dei due esperimenti sono realmente troppo semplici perchè io debba

narrarli; però io vi dico subito gl'insegnamenti che ne devono seguire.

1. *Se due corpi si incontrano per modo, che l'uno non può continuare il suo moto senza cacciar l'altro dal suo luogo, essi nell'istante del loro percuotersi formano un urto.*

2. *I fenomeni provocati dall'urto, sono assai diversi, e dipendono non meno dalla direzione dei corpi mossi, che dalla massa, figura, elasticità, velocità, forza di coesione ecc. dei medesimi* ». — Nelle mie ricerche sopra l'urto, io devo prendere in considerazione solo la *direzione*, la *massa* e l'*elasticità* dei corpi.

3. *L'urto o è centrale, o eccentrico; retto o obliquo.* — Si chiama *centrale* quando i corpi non solo si muovono, ma eseguiscono anche la loro impulsione in quella linea retta che noi possiamo idearci tirata pel loro centro di gravità; *retta*, quando i loro piani, dove s incontrano, sono perpendicolari alla linea di direzione. — Chi mi dice ora come si comportino l'urto *eccentrico* e l'urto *obliquo*?

4. *Tutti gl'instrumenti, di cui ci serviamo per la dimostrazione delle leggi sull'impulsione dei corpi, portano il nome di strumenti di percussione.*

Alle loro parti essenziali appartengono per lo meno due pendoli e una scala di celerità.

I primi *ab* e *cd* (vedete fig. 15) sono di eguale lunghezza, e

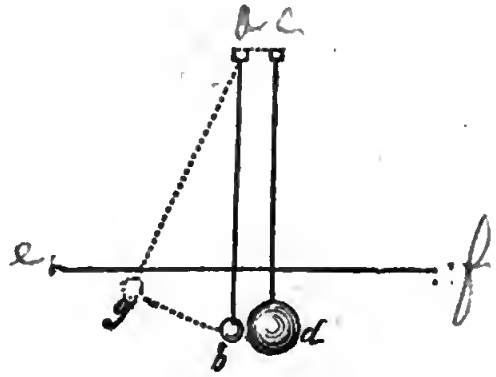


fig. 15

stanno sospesi così presso l'uno all'altro, in modo che *b* e *d*, cioè i loro corpi sottoposti principalmente alla gravità, si toccano solo debolmente; l'ultima è segnata o sopra una verga retta *ef*, o sopra due archi, descritti da *a* e da *c*. Ecco qui l'instrumento. — A qualunque punto io alzi l'*uno* de'suoi due pendoli (facciamolo andare per esempio fino a *g*) ci segna sempre un numero che indica quale

celerità otterrà il pendolo nel più basso punto del suo cammino, per conseguenza anche nell'istante che urta l'altro pendolo. Non occorre altro a chiarirvi come noi per mezzo di questo istrumento possiamo osservare e giudicare facilmente ogni fenomeno dell'impulsione.

a) *Dell'urto retto.*

a) Dell'urto retto dei corpi non elastici.

Quello che deve avvenire nell'istante che due palle non elastiche perfettamente eguali in tutti i punti con eguale velocità vengono ad urtarsi direttamente l'una l'altra, non può esser nuovo ad alcuno, che sappia che in generale l'azione e la reazione sono uguali, ma opposte. Le loro celerità sono manifestamente distrutte, ed esse sono rimesse nello stato di quiete — Quanto diverso è il fenomeno, quando le palle, per altro in circostanze eguali, s'incontrano con celerità grandi e diverse! In questo caso, subito che hanno fatto il loro urto diretto, progrediscono nella direzione di quella palla che è sopravvenuta con la forza più considerevole. Il preciso fenomeno ci presentano due palle che concordano nelle loro velocità, ma non nelle loro masse — Riflettete da ultimo se sia possibile che anche le palle di masse ineguali, e di diverse velocità, possano distruggere scambievolmente i loro moti nel momento dell'impulsione. Figuratevi ora dapprima due palle, le cui masse siano nel rapporto di 2 a 1, e le loro velocità, tutto all'opposto, come 1 a 2. — Tali considerazioni di questa specie e simili, connesse con alcuni, sebbene imperfetti, esperimenti, hanno già da gran tempo condotto allo scoprimento della seguente legge.

Due corpi non elastici, che s'incontrano in direzioni opposte, distruggono reciprocamente i loro movimenti nell'istante dell'urto diretto, quando le loro masse sono in proporzione inversa alle celerità, o per esprimerci con altre parole, quando la celerità del corpo più piccolo è appunto l'esatto quadruplo della celerità del più grande, come la massa del secondo lo è della massa del primo corpo. — Che pensate voi ora della grandezza dei movimenti delle quattro palle *a*, *b*, *c* e *d*, se *a* pesa, per esempio, 16 libbre, *b* 8 libbre, *c* 4 libbre e *d* 2 libbre, e se inoltre in *un* secondo la prima palla percorre solo 1 piede, la seconda 2, la terza 4, e la quarta 8? I prodotti 16. 1, 8. 2, 4. 4, e 2. 8, quali voi penserete nelle vostre menti, e che, come è noto, sono tutti eguali gli uni agli altri, indicano le grandezze dei movimenti, o come noi usiamo comunemente dire, le quantità dei medesimi.

Digitized by Google

Per conoscere *un'altra* legge relativa a questa materia, avete a considerare bene, che nell'urto dei corpi inelastici *dall' una parte* non viene in azione nessuna nuova forza, e dall'altra l'una delle due palle, che formano all'ultimo l'urto diretto, da principio o *va dietro*, o *corre incontro* all'altra. Quel fenomeno è evidentemente il più facile a comprendersi, onde dobbiamo occuparcene prima.

Delle due palle, che devono formare l'urto, quella che va innanzi, si chiami a, quella che le va dietro b; la prima pesi 7 libbre e percorra 2 piedi soli in *un* secondo; l'altra pesi 3 libbre, ma nel suo cammino progredisca nello stesso tempo 12 piedi. Prima dell'urto la grandezza del movimento è pertanto nella palla $a = 7.2 = 14$; nella palla $b = 3.12 = 36$; in a e b insieme $= 14 + 36 = 50$. Ora si dimanda: « Qual è la grandezza del movimento quando la palla più piccola b ha raggiunto o percosso la più grande a? » Poichè le masse delle palle a e b stanno l'una all'altra come 7 a 3, b deve perdere 7 piedi di celerità, mentre a ne guadagna 3 piedi, e ciascuna delle palle correre dietro all'altra con una celerità, che noi, secondo il nostro presupposto, possiamo segnare con 5. — La quantità dei movimenti è pertanto dopo l'urto in $a = 7.5 = 35$; in $b = 3.5 = 15$ e in a e b presi insieme $= 35 + 15 = 50$. — *Così la somma dei movimenti, se i corpi seguono l'un l'altro, è la medesima prima e dopo l'urto.*

Se i movimenti originarii delle due palle sono opposti l'uno all'altro, quella palla che arriva con la forza minore, ch'è pertanto a nel nostro esempio precedente, non può andare più oltre; ma è piuttosto costretta dalla seconda palla a subito retrocedere. — Or come troviamo noi la grandezza del movimento susseguente? — Con questo che noi cerchiamo prima di determinare qual forza ci voglia per rimetterle in quiete, e che in secondo luogo noi dividiamo il resto della celerità della palla b nelle due palle, così che dopo l'urto procedano con celerità eguali. — Il principio che ne viene, suona così:

La differenza tra le altre due quantità di movimento innanzi all' urto è eguale alla somma delle quantità dei movimenti dopo l'urto, se i corpi si scontrano l'un l'altro in direzione opposta.

Da tutto quanto ho dimostrato fin qui, emerge chiaro che una palla da schioppo tirata e. g. deve comunicare un movimento al più duro macigno. — Ma veramente la velocità di questa riescirà assai piccola. Figuratevi un macigno di 500 libbre, e poi una palla da schioppo che pesi solo 1|20 di libbra, e sen viene a volo con la

velocità di 1000 piedi per secondo. In tali circostanze la velocità comune dopo la percossa, come voi potete facilmente calcolare, sarebbe di 1 pollice per secondo. Se noi non osserviamo nessun movimento nel macigno, viene da questo che il movimento si comunica successivamente a ciascun corpo vicino, e finalmente a tutta la massa della terra, e così sparisce alla nostra facoltà visiva. — Sempre dove è distrutto *un* movimento è necessario un altro movimento; certe resistenze possono ben dividere questo ultimo movimento, ma per nessun conto distruggerlo o spegnerlo un istante.

All'ultimo io vi fo conoscere un apparato, che sebbene non sia per altri conti di nessuna particolare importanza, pure c'insegna chiaramente come si arrivi ad una esatta conoscenza delle grandi celerità. Porta il nome di Pendolo balistico. Le sue parti più importanti sono: 1° Un asse di ferro *a* (fig. 16); 2° due verghe

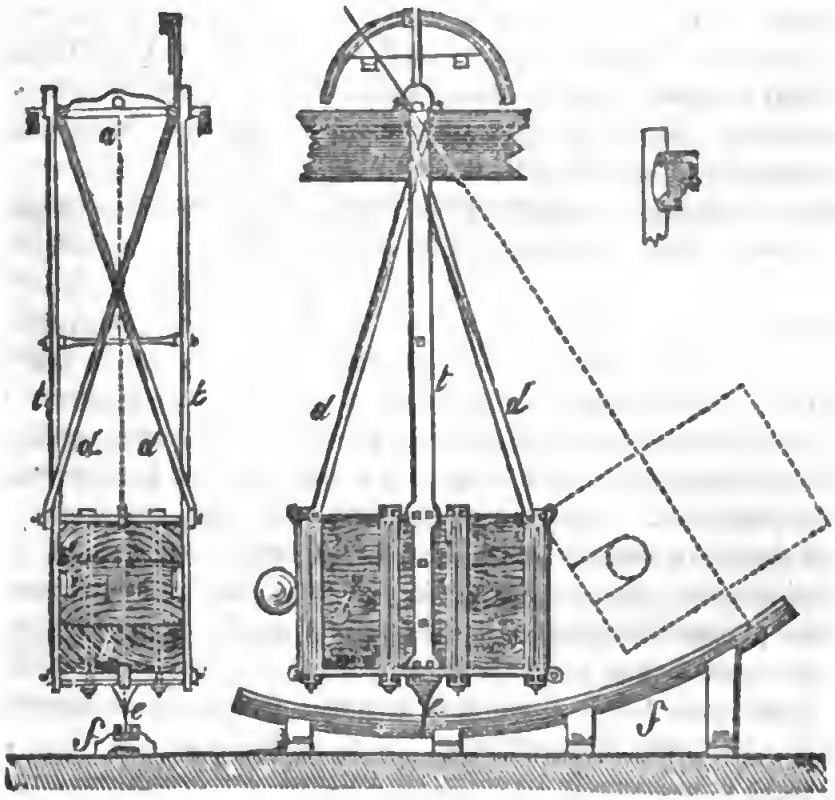


fig. 16

dritte *t* e quattro verghe oblique *d*; 3° un pezzo di legno di peso considerevole, rivestito di ferro, e che è sospeso a quell'asse per mezzo delle sei verghe; 4° una punta *e* che percorre la scanalatura circolare *f*, e imprime la sua traccia nella cera molle, final-

mente 5° una palla, che va a comunicar la sua velocità alla massa indicata. Il pendolo è lungo ordinariamente 10 a 12 piedi, e pesante 1500 a 2000 libbre. — Presupposto adunque che il pendolo sia stato colpito da una palla nella direzione del centro di gravità, noi non abbiamo bisogno d'altro per imparare a conoscere la sua celerità nel momento dell'urto, che di comparare la forza che cacciò innanzi il pendolo con la lunghezza della traccia che lasciò nella scanalatura.

b) L'urto diretto dei corpi elastici.

Il mio instrumento a percussione è munito di due palle d'avorio, grosse del pari. Io porto, per esempio, l'*una* palla al ventesimo grado della scala di velocità, e la fo poi percuotere nell' altra — cosa mirabile! — nello istante della scambievole percossa quella palla si fermò nella linea verticale del suo punto di sospensione; questa al contrario, che era stata fin qui in pienissima quiete, vibrò verso l'opposta direzione, e raggiunse quasi esattamente il ventesimo grado. — Io fo poi che due palle si vengano a percuotere, la prima volta da altezze eguali, la seconda da altezze diverse. — Presupposto che abbiate bene osservato, non vi può essere sfuggito ch' esse in questo caso scambiarono le loro celerità, e in quello raggiunsero di nuovo le altezze, da cui erano discese. — Anche più interessanti che gli esperimenti fatti con due palle, sono quelli fatti con 3, 4, 5 e più palle. Così io prendo tutte le palle d'avorio, che sono a mia disposizione (sono 6) e le sospendo al mio instrumento così presso l'una all'altra, ch'esse si toccano reciprocamente lievissimamente. Poi io alzo la prima palla, e la fo percuotere contro la seconda. — Non fu veramente mirabile, che dopo l'urto tutte le palle di mezzo siano rimaste in quiete, e che sol l'ultima sia corsa in alto con la stessa celerità, che io aveva comunicato alla prima? Non solo l'ultima, ma anche la palla che è sospesa prossimamente a lei, sale in alto, quando io porto le due prime palle contemporaneamente a qualsiasi grado della scala di velocità, e fo succedere l'urto.

Per farvi conoscere le cagioni di tutti questi fenomeni, io vi ricordo primieramente l'influenza, che due palle inelastiche esercitano l'una sull altra nell'istante del loro incontro.

È noto che quell'influenza dapprima consiste in ciò che le loro masse si premono scambievolmente; che in secondo luogo i loro centri s'avvicinano più l'uno all'altro; che in terzo luogo le loro celerità divengono perfettamente eguali. — Lo stessissimo avviene

eziandio nell'urto diretto delle palle elastiche; ma in queste non finisce con ciò l'influenza, ma entra per così dire in azione anche la sua seconda parte. — In virtù dell'elasticità, che posseggono le palle, mentre cercano di mantenere la loro precedente figura, si partono le une dalle altre; brevemente tutti i fenomeni della prima parte tornano nella seconda parte in ordine inverso.

Dopo queste spiegazioni generali, io torno a parlare ulteriormente sopra ciascuno degli esperimenti che ho anteriormente fatti.

Supponendo che una palla percuota l'altra, che è in quiete, con la celerità di 4 piedi, il primo effetto dell'urto consiste in ciò che le due palle ricevono la celerità di 2 piedi; il secondo, che la palla che urta dà questi 2 piedi di celerità alla palla che stava originariamente in quiete. Per conseguenza le palle scambiano realmente il loro stato. Nel mio secondo esperimento la palla *a*, per esempio, si muove con 6 piedi di celerità; la palla *b* con 8 piedi. Fatta astrazione della loro forza elastica, quella palla riceve adunque, quando s'incontrano insieme, un piede di velocità più; questa un piede di velocità meno; al che ponendo mente, l'acquisto in *a* e lo scapito in *b* deve aumentarsi di un piede di velocità (quanti piedi di celerità hanno pertanto *a* e *b* dopo l'urto, e quanti piedi di celerità possedevano avanti?) Notate. *Questo scambio delle celerità succede in tutte le palle perfettamente eguali.*

Se noi sospendiamo le palle 4, 5 e 6, palle eguali all'instrumento di percussione, e facciamo semplicemente che la prima percuota l'altre, questa nell'istante dell'urto cede la sua celerità alla seconda, la seconda alla terza, la terza alla quarta ecc., e solo l'ultima, che in certo modo non può cedere l'ottenuto dono a nessun vicino, sale dal lato opposto Il rapporto tra le due prime palle si ripete esattamente tra le due seguenti. — Se poi gli effetti non rispondono sempre rigorosamente alle nostre aspettative e calcoli, è da ascriversi in parte alla resistenza dell'aria, in parte alla circostanza che noi manchiamo di corpi perfettamente elastici.

Or chi mi dice come un corpo solido elastico, che percuote verticalmente e centralmente contro una roccia o macigno, si comporta dopo l'urto?

b) *Dell'urto obliquo.*

Non ci mancano occasioni d'imparare a conoscere chiaramente gli effetti dell'urto obliquo; imperocchè ogni sala di bigliardo, dove giuochino giuocatori esercitati, ce li dimostra. Per sventura solo

in questo urto si trovano troppi casi difficili. Quello che noi per altro possiamo costantemente prima osservare in una tavola di bigliardo, è il notevole fenomeno, che tutte le palle ribalzano sotto un angolo esattamente così grande sotto al quale le altre le hanno colpite. — Questo fenomeno è incontrastabilmente il principale, ed io mi studierò qui di spiegarlo.

Il piccolo cerchio *a* (fig. 17) rappresenta una palla elastica; *cd*

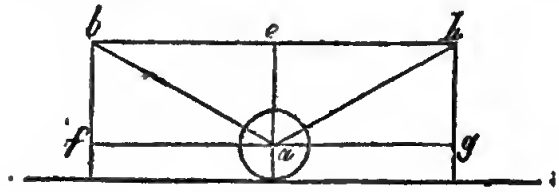


fig. 17

un piano della stessa natura; *ba* finalmente la via che la palla percorre fino al piano. — Se io decompongo ora la linea *ba*, che può darci un'imagine della forza dell'urto, in due forze, l'una delle quali *fa* è parallela al piano *cd*, e l'altra *ea*, che sta a piombo sovr'esso, vedremo chiaramente, che la palla *a* dopo il suo urto può prendere solo la direzione *ah*. S'ella colpisce nella direzione *ea* il piano elastico *cd*, ella dovrebbe di nuovo tornare, come in ogni altro urto diretto nella stessa direzione; s'ella procedesse parallelamente a *cd*, essa resterebbe senza interruzione nel cammino una volta preso, non avendo qui nessun intoppo. — Quelle forze che vengono in azione dopo l'urto, agiscono solo nella direzione *ea* e *ga*. — Altro non occorre a capacitarvi che la palla *a*, dopo aver colpito il piano elastico *cd*, deve rotolare nella direzione *ah*. — Comparate ora per concludere gli angoli *bae* e *ahe* l'uno con l'altro; quello formato dalla direzione d'incidenza *oa* e dalla perpendicolare *ea* si chiama *angolo d'incidenza*; questo che è formato dalla direzione di riflessione *ha* e dalla stessa perpendicolare *ea* si chiama *angolo di riflessione*. — Tutti e due gli angoli sono evidentemente di eguale grandezza.

Problema. Trovare quel punto, che una palla deve toccare necessariamente in un piano solido, quando essa dopo il suo ribalzo abbia a colpire un altro punto determinato.

Soluzione. Supponendo che la palla *a* (fig. 18) venga da noi così percossa, che essa respinta dal piano solido *fg* batta al punto *b*, noi non abbiamo altro a fare che 1° allungare tanto la verticale *a d* che $de = ad$, e 2° unire insieme i punti *e* e *b* per una linea retta *eb*. Il punto dell'intersecazione *c* è il punto che si cerca.

Prova. I triangoli *a d c* e *e d c* sono così costrutti, che essi posti l'uno sopra l'altro si coprono reciprocamente. Ne segue l'egua-

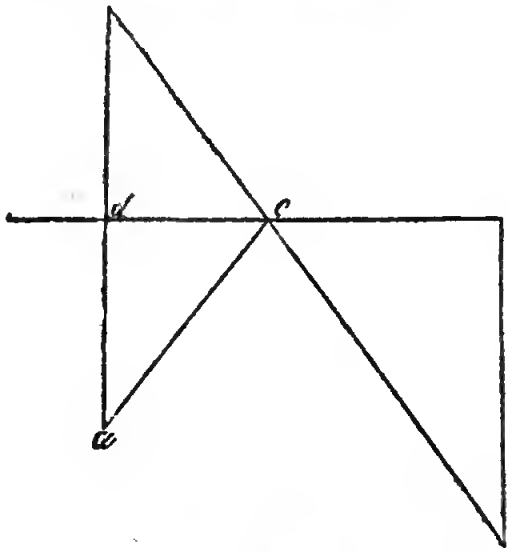


fig 18

glianza dei due angoli *a c d* e *e c d.* E poichè finalmente *e c d* anche=*b g c*, devono evidentemente gli angoli *a c d* e *b c g*, e per conseguenza anche gli angoli d'incidenza e di riflessione essere di grandezza eguale.

§. 8.

Del centro di gravità dei corpi.

Delle diverse cose, delle quali voi oggi vedete adorna la tavola della nostra scuola, io giro primieramente il mio regolo sulla punta di questo ferruzzo fissato verticalmente finchè io abbia trovato il punto, sul quale si libri perfettamente orizzontale, o come io mi esprimerò ordinariamente per l'innanzi, si mantenga in equilibrio. Lo stesso io fo col mio disco circolare. All'ultimo io do di piglio anche alla mia canna, e mi studio di farla stare in bilico sulla punta d'un dito. Come noi bilichiamo questi oggetti, così uomini esercitati bilicano la punta di un frustino sopra un dito, una spada o una canna di legno sul naso, a ciascun punto dell'orlo un foglio di carta ecc. Che costi poi molta fatica non solo il metter un corpo nello stato indicato, ma anche il mantenervelo, ve l'hanno già i miei frivoli esperimenti col disco, col regolo e col bastone dimostrato abbastanza. Notate su ciò.

1. *In ogni corpo solido si trova un punto, che lo sostiene comechessia, lo preserva dalle cadute, e lo mantiene in equilibrio. Questo punto si chiama il centro di gravità.* In esso noi possiamo figurarci raccolta la somma di tutte le molecole d'un corpo.

2. *Guardatevi dallo scambiare il centro di gravità col centro della mole!* Solo in quei corpi che possedono in tutte le parti una densità eguale i due punti coincidono in tutti gli altri all'incontro, come per esempio in una scure con un manico di legno, nei coltelli, nelle forchette ordinarie ecc., il primo è costantemente più presso alle parti più grosse.

3. *Il centro di gravità non risiede sempre nello stesso corpo, ma talvolta anche nello spazio ch'esso inchiude.* Questo avviene manifestamente negli anelli, nei cerchii ordinarii, nei cilindri perforati. Per sostener corpi di questa specie noi dobbiamo prendere certe disposizioni. Rispetto ad un anello e ad un cerchio p. e. consistono in ciò che noi tiriamo un filo come diametro, e poi ne fermiamo un altro esattamente nel suo centro.

4. *Presupposto che la densità sia identica in tutti i punti, nei corpi che sono capaci di una determinazione matematica, il centro di gravità si trova col mezzo del calcolo.* Nella palla per esempio risiede nel centro; nel cilindro e nel prisma verticale alla metà dell'asse; nel cono pure sta nell'asse, ma per modo che di 3|4 dello stesso dista dalla punta, e solo d'un quarto dalla base. Un metodo assai semplice di determinare il centro di gravità dei corpi irregolari è il seguente.

Si sospenda il corpo a un punto *a* (fig. 19 20) e si segni il luogo,

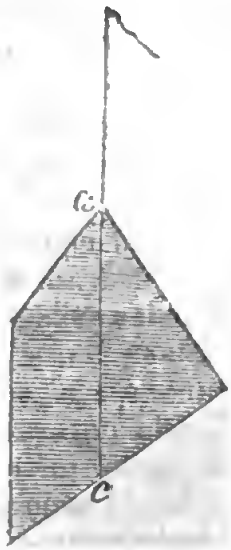


fig. 19

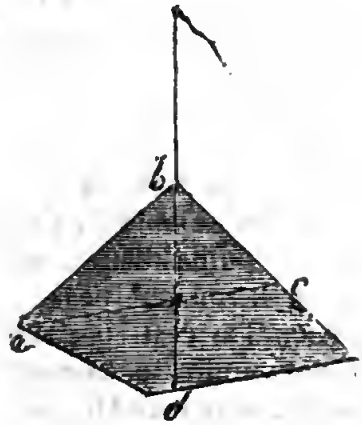


fig. 20

onde esce da lui il filo, da cui è sostenuto, e per conseguenza *c*. Il centro di gravità sta evidentemente nella linea *a c*. Dipoi si porti il filo in un altro punto in *b*, si tenda come nel caso precedente, e si segni la direzione *p q*. Poichè il centro di gravità si trova altresì in questa seconda linea, non può naturalmente esservi altro punto che quello, in cui s'intersecano le linee *a c* e *b d*. Per sventura il prolungamento del filo verticale a traverso l'interno dei corpi ci contrappone assai spesso ostacoli quasi invincibili.

5. *Se la figura o forma d'un corpo è mutabile*, come negli uomini e negli animali, *il centro di gravità non rimane sempre nello stesso luogo*. In un uomo ben conformato e senza difetti, che stia dritto, e con le mani spenzolone, il centro di gravità sta all'incirca nel mezzo tra i due ossi iliaci, e quella linea che continuata esce da lui, va a battere perpendicolarmente tra le gambe, la superficie della terra.

6. *I corpi leggieri e corti si mettono più difficilmente in equilibrio che i gravi e lunghi: i leggieri*, perchè noi in essi non osserviamo bene il centro di gravità; i *corti*, perchè il loro centro di gravità, quando cominciano a cadere, descrive un arco di troppo piccolo semidiametro e non ci lascia che poco tempo a distinguere la base, e impedire le volte. Nessuno forse potrebbe mettere in equilibrio uno spillo.

7. *Gli arnesi, che come le tavole, gli scanni, i banchi e le seggiole ecc. hanno tre e più piedi, c'insegnano finalmente, che noi, a volere che i corpi non cadano, dobbiamo mettere il sostegno ai punti che sono attorno al centro di gravità; ma questi devono esser sempre eletti in modo, che la linea, che percuote il centro di gravità, e sta in pari tempo a perpendicolo sulla superficie della terra, cada tra loro.*

Chi siede sopra una seggiola appoggiato all'indietro non può alzarsi senza piegarsi un poco avanti; per poterlo deve aver portato il suo centro di gravità al di là de' suoi piedi. Quando egli sta ritto come un palo e pertanto non si piega nè dall'uno nè dall'altro lato, egli in certo modo è come incatenato al suo posto. S'egli poi ha un peso sulle spalle, egli si piega innanzi perchè la linea di direzione di quello coincida con quella del suo proprio corpo. Lo stesso fa, anche senza peso nel salire un monte. Se egli nelle indicate circostanze volesse tenere il corpo diritto nell'alto, la linea di direzione varcherebbe i talloni e pertanto la base, ed egli stesso cadrebbe all'indietro non senza pericolo. Quanto è diversa la positura d'un uomo, che porta in una mano il suo peso, p. e. un innaffiatoio pieno d'acqua: egli piega sempre la parte superiore del corpo verso il lato op-

posto, come vedete qui ritratto (fig. 22). Non meno naturalmente è qui figurato il primo uomo col suo carico sulle spalle (fig. 21). Gli

fig. 21

fig. 22

uomini che portano i loro pesi sulla testa, vanno diritti, in parte perchè il peso sostenuto in pochi punti non cada giù; in parte perchè il troppo alzato centro di gravità del corpo che si porta sul capo non venga a star troppo avanti; inoltre essi vanno a piccoli passi, perchè il loro moto sia al possibile equabile, e il carico non balli sul capo. La nota regola di comportarsi sopra un carro, che minaccia di rovesciarsi, restar fermo a sedere, e pertanto non alzarsi, almeno dalla parte che si pende, si spiega parimenti dalla posizione del centro di gravità; perchè questo s'alza, subitochè ci alziamo, e accresce la forza che tende a rovesciare il carro. Dalla posizione del centro di gravità dipende anche lo star fermi e il riprendere la posizione retta delle figurine umane, fatte ordinariamente di midollo di sambuco e aggravate di piombo alla base. In esse il punto più mobile, perchè la parte superiore è assai leggiera, si trova nell'emisfero di piombo, ed ha pertanto nella stazione retta una posizione più bassa che in qualsivoglia altra. *Giuochi molto interessanti e che dipendono da questa dottrina sono il burattino cinese, l'andar all'insù del cilindro sul piano inclinato, l'apparente ascendere di un doppio cono o birillo che si trova tra due piani obliqui, l'uomo con la sega, la lampada di Cardano, l'equilibrarsi di due forchette fitte ad un piccolo legno ecc.* Il primo è una figura d'uomo in abito cinese, che posto sopra

una scala costruita apposta per lui, da un piano all'altro fa capitomboli. La posizione del centro di gravità si muta in lui per l'argento vivo, che scorre da un lato all'altro del suo corpo incavato. In un cilindro che va su per un piano obliquo, il centro di gravità non sta secondo il solito nel mezzo, ma all'orlo. Qui è messo un péso di piombo. Pertanto se il cilindro è posto in modo sul piano inclinato che il piombo si volga verso la metà superiore del medesimo, deve necessariamente muoversi alla volta di questo lato, perchè la linea verticale passa pel centro di gravità al disopra del punto di contatto. Per altro egli scorre fino a quel punto, dove il suo centro di gravità viene in contatto col piano obliquo. Una scatola sferica, nel cui giro interno noi abbiamo fissato una palla di piombo, posta in modo simile sopra quella superficie produce lo stesso fenomeno. L'andar in su di un doppio cono è solo apparente. I funamboli, gli equilibristi, gli scozzoni inglesi ecc. fanno giuochi pericolosi, che si basano sulla più esatta osservanza del centro di gravità! E veramente gli sforzi ch'essi eseguiscono fanno stupore. Con quella sicurezza che noi facciamo sulla piana terra, eglino si muovono sopra una stretta fune, corrono, saltano, si lanciano sovr' essa ora all'avanti, ora all'indietro, mangiano comodamente a una tavola, fanno capriuole ecc. È manifesto ch'essi hanno un finissimo senso del loro centro di gravità; aggiungi ch'essi si fidano sì interamente nella loro destrezza, che nel fare i loro maravigliosi sforzi non son turbati punto da capogirli, nè presi punto da timore di cader giù solo una volta. Solo per tal modo riesce loro possibile di calare e discendere sopra una fune, che sia tesa da terra all'abbaino di una torre. Finchè il loro centro di gravità sta a perpendicolo sopra la fune, riposano sicuri; ma come sia per mutar posizione e uscire da quel limite, essi devono metter in opera tutta la loro destrezza per rimetterlo a perpendicolo sopra il sostegno, il che conseguono nel modo più sicuro con lo stendere il braccio verso l'opposto lato, o meglio ancora con una pesante stanga da equilibristi. Rispondetemi ora alle seguenti dimande intorno al centro di gravità, il quale causa infiniti fenomeni nella vita quotidiana: perchè i quadrupedi hanno la stazione più salda che l'uomo? perchè le oche e le anitre non possono mai lasciare il loro andar vacillante? (ponete bene mente alla piegatura delle loro gambe). Perchè il giovanetto più esercitato non può stare che breve tempo sui trampoli? in che relazione sia con la Torre torta di Pisa e la Garisenda di Bologna? Per quanti fenomeni di tale specie noi possiamo osservare, sempre torniamo all'importante principio: La stazione d'un corpo è tanto più ferma e sicura, quanto è più grande il suo peso, più larga la sua base

Digitized by Google

quanto il suo centro di gravità è più vicino alla terra, e quanto la sua linea verticale è più lontana dal suo centro di gravità, o dal centro intorno a cui il corpo si deve muovere.

§. 9.

Della leva.

Se ogni insegnamento è interessante nella fisica, egli è chiaro che è doppiamente interessante quello che ha per oggetto gli strumenti ordinarii della vita comune. Ma prima che io vi possa parlare sopra tutte le cose che io ho in animo, la bilancia, la stadera, le forbici, le tanaglie, il saliscendi, la chiave, la vanga, il succhiello, il piccone, la ruota, il fusolo della ruota del mulino, dovete aver imparato a conoscere quell'instrumento, al quale tutti questi sono subordinati. Io intendo la leva. Ascoltate:

1. *Ogni linea inflessibile che non solo s'appoggia sopra un qualsivoglia punto, ma può anche volgersi liberamente intorno al medesimo, si chiama leva; e del resto ogni punto che dev'esser fisso* si chiama punto d'appoggio, di equilibrio o di rotazione? « Mostratemi quella linea e questo punto nella nostra bilancia comune ».

2. *Noi distinguiamo leve rettilinee e curvilinee, a uno e a due braccia, matematiche e fisiche.* La prima divisione si fonda *sulla loro direzione*, la seconda *sulla situazione del loro punto* di rotazione o di equilibrio, la terza *sull'assenza o la presenza della gravità*. Rispetto alla prima divisione mi resta solo a dirvi, che vi sono altresì delle leve, che constano di due linee rette, che s'incontrano sotto un angolo, e son chiamate *leve a angolo*; rispetto alla seconda, che il punto d'appoggio o di rotazione può stare ora tra i due punti estremi, ora in uno di essi, e che la leva nel primo caso ha due braccia, nel secondo uno solo; finalmente rispetto alla terza, che voi avete a figurarvi la leva matematica senza gravità, e la fisica all'incontro, che è quella che si trova solo nella realtà. (Disegnate ora leve rette e curvilinee, a uno e a due braccia, e anche leve spezzate e ad angolo sulla nostra lavagna; proponetevi insieme il quesito, in quanto le bilance, le stadere, le forbici, le tanaglie, le pale, le forchette ecc. possano annoverarsi fra le leve).

3. Dove e come noi possiamo adoperare una leva, *dovrà sempre tenersi discorso in prima di un certo peso*, sul quale in certo modo non abbiamo nessun impero; e *in secondo luogo di una tal forza* che lo terrà almeno in equilibrio, se non può superarlo. La

Digitized by Google

forza e il *peso* occorrono poi spessissimo sotto le denominazioni comuni di *forze* e *pesi*. (Che fa per esempio nel pesar dello zucchero il peso, e che dall'altro canto la forza?).

4. *Quella linea retta, che voi potete imaginarvi tirata ad angolo retto dal punto d'appoggio o di rotazione sulle linee di direzione delle forze o pesi, chiamasi la distanza delle forze o pesi da quel punto fisso della leva.* (Dimostrate queste linee almeno nella figura d'una leva ad angolo, nella quale, se le altre figure agiscono verticalmente, coincidono coi bracci della leva!).

5. *Il prodotto finalmente, di cui* UN *fattore, dà la grandezza della forza o del peso, e l'altro la distanza dello stesso dal punto d'appoggio o di rotazione* chiamasi il *momento delle forze*; (di quanti momenti delle forze si tratta per lo meno nella leva? mostrate inoltre sulla nostra bilancia che quest'ultima spiegazione non v'è rimasta oscura). Nel rispondere ai quesiti: «sotto quali condizioni si stabilisce l'equilibrio nelle diverse leve? è egli possibile di esprimerle in un principio generale?» Noi partiamo dalle leve matematiche, ed anche supponiamo, sempre almeno nelle nostre prime osservazioni, che le forze agiscono perpendicolarmente sopr'esse.

Nell'aggiunta figura (fig. 23) sia *a b* la leva matematica a braccia eguali; inoltre *c* che sta esattissimamente nel suo centro, sia il punto fisso intorno al quale essa deve girare; finalmente *p* e *q*, che voi vedete fissati ai due capi *a* e *b* siano i pesi, che cercano di farla discendere perpendicolarmente; chi mi dice ora, quando si stabilisce l'equilibrio di una leva di tal genere? è chiaro che questo avviene quando *p* e *q* sono eguali l'uno all'altro. — La sola riflessione che la leva primitivamente, quando in essa non vi sono ancora forze in azione, si libra perfettamente orizzontale, e che i pesi *p* e *q* in circostanze per altro perfettamente eguali esercitano la loro influenza con egual forza, conduce certamente ciascuno all'importante vista che la cosa sta veramente così. *L'eguaglianza delle forze o dei pesi è pertanto nella leva matematica a braccia eguali, la sola condizione che si ricerchi a stabilire l'equilibrio.* Le bilancie comuni di una co-

fig. 23

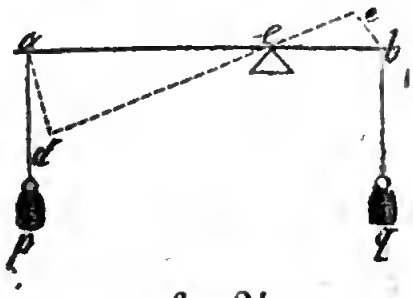


fig. 24

struzione irreprensibile confermano questo principio col fatto visibile, sebbene esse appartengano alle leve fisiche.

« Ma come (di nuovo io vi chieggo) otteniamo noi l'equilibrio nella leva matematica *a braccia disuguali?* » Poichè questa seconda dimanda merita di essere considerata più che quella prima, fatevi da una leva, il cui braccio più lungo è l'esatto quadruplo del braccio più corto; sia per esempio $ca=2cb$ (fig. 24). Voi stessi mi avete detto che in tali circostanze la posizione orizzontale della leva si perde quando le due braccia si caricano, come nell'esempio anteriore, di pesi eguali; anche pare che siate convinti che a volere ristabilire l'equilibrio, il braccio più corto debba portare una forza più ragguardevole che il più lungo. Ed io aggiungo *che la forza sopra* C D *debbe essere appunto il doppio dell'altra che agisce sopra* C A, e ve lo dimostro in un modo assai semplice, che non presuppone quasi nessuna cognizione geometrica.

Posto che la leva ab si giri intorno ac e venga nella posizione de, allora è chiaro che a descrive un arco due volte più lungo che non fa b; o p percorre nello stesso tempo un cammino due volte più grande che non fa q. Pertanto p e q rispetto alle loro celerità stanno fra loro come 2 a 1. Ma ne segue che la forza di cui a sperimenta l'influenza, è esattamente il doppio dell'altra forza, che agisce sopra b, l'estremità opposta della leva. Onde a volere ristabilire l'equilibrio, dee solo q, ch'è la forza che preme cb, venir raddoppiata. La mia prova o dimostrazione resta poi nella sostanza sempre la stessa, sia ca 3, 4, 5 o anche più volte più lunga che cb; stia pure a questa grandezza in tal rapporto, che veramente non sia l'esatto quadruplo di lei, ma come questa seconda, di una terza grandezza supposta; se anche finalmente formi con cb un rapporto irrazionale, che come si sa non si può esprimere esattamente in cifre. Rispondete ora ai due seguenti quesiti: « 1. Quanto deve pesar q, se ac è 4 volte più lungo che cb ed è caricato in a di 3 libbre? (12 libbre). 2. In qual rapporto inoltre dee star ca a cb se la leva si libra perfettamente

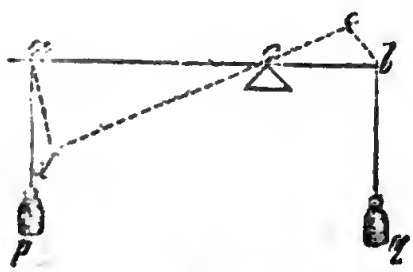


fig. 25

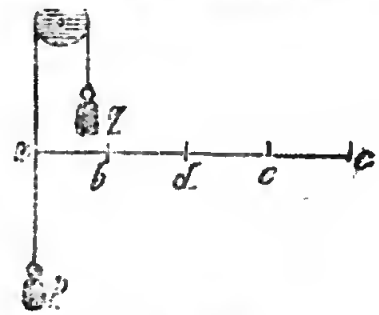


fig. 26

orizzontale, non ostante che in *a* agisca una forza di 5 libbre, e in *b* un'altra di 7? (come 7 a 5). » Il principio generale, che emerge dai nostri esempii, suona così:

La leva matematica a braccia ineguali è in equilibrio, se le forze che agiscono sovr'essa, sono in rapporto inverso l'una all'altra, come le lunghezze dei bracci, a cui sono sospese, o come noi possiamo dire brevissimamente, *quando i momenti delle forze sono eguali*. Il principio testè espresso vale anche per la leva matematica a bracci eguali, che quando ha a bilicarsi orizzontalmente, deve altresì avere pesi eguali (trovatemi un esempio acconcio). La figura n° 26 rappresenta una leva matematica ad un braccio, che si gira intorno a *c*, uno de' suoi punti estremi. I pesi possono poi essere anche in essa allontanati ora egualmente, ora inegualmente dal punto d'appoggio o ipomodio. La mia figura rende anche sensibile la circostanza, che in una leva ad un braccio l'un peso tira giù, e l'altro tira su, e che il cordoncino a cui l'ultimo è attaccato corra sopra una carrucola. Se voi ora mi chiedeste sotto quali condizioni si stabilisca l'equilibrio in una leva di tale specie, io, per fuggire ogni importuna ripetizione, vi risponderei solo poche parole, che i fenomeni restano sempre i medesimi con le leve a uno o a due bracci, e che pertanto il principio generale sopra le leve a due bracci, vale anche per quelle a un braccio. Considerate, che si comporta in primo luogo con gli *archi*, che descrivono i punti *a*, *b*, *d*, *e* ecc. inegualmente distanti dal punto di rotazione. In secondo luogo con le *celerità dei pesi* che sono appesi a quei punti; finalmente in terzo luogo con le *forze*, che cagionano queste celerità; appunto come nei casi simili della leva a due bracci.

Di tutte le leve c'è rimasta solo ancora la leva zancata o ad angolo. La figura n° 27 la mostra. Per provarvi che anche in essa, quando

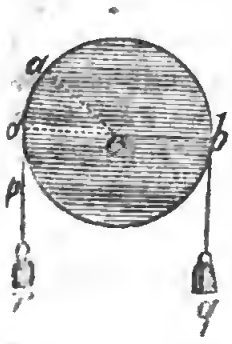


fig. 27

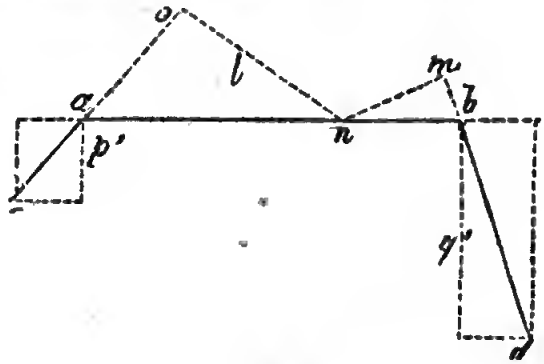


fig. 28

sono eguali i momenti delle forze, si stabilisce l'equilibrio, io descrivo un circolo dal punto d'appoggio *c*, e veramente o con apertura del

compasso *ca* o con *cb*, qui per esempio con *ca*, prolungo poi *bc* fino alla periferia, e tiro in ultimo anche *rd* verticalmente sopra *cd*, vale a dire sopra quella linea che rappresenta la direzione della forza *r*, la cui grandezza corrisponde perfettamente con *p*. In questo modo io ho formato la leva rettilinea *bcd* con le forze *q* e *r*. Ora poichè noi sappiamo ciò che si richieda in una tal leva per istabilire l'equilibrio, non occorre al presente che cerchiamo altro se non che se tutte quelle condizioni si verificano anche per la leva spezzata. Questo nuovo assunto è tutt'altro che difficile. Vedendo voi p. e. nella tratteggiata figura che 1° il braccio *cb* — la forza *q*, che agisce sopra lui sono comuni alle due leve, e che 2° i diversi bracci *cd* e *ca*, come semidiametri del medesimo cerchio, posseggono una lunghezza eguale, voi vi convincete allo stesso tratto, che eziandio l'influenza delle forze *p* e *r*, come agente sulla leva in circostanze perfettamente eguali, deve esser reciprocamente eguale. Così in conseguenza non v'ha nulla che noi possiamo additare come diverso nelle due leve; e pertanto eziandio nelle leve zancate volendosi stabilire l'equilibrio, le forze devono essere in rapporto inverso le une alle altre, come le loro distanze dai punti di equilibrio o di rotazione.

In tutte le disquisizioni fatte finora noi abbiamo sempre presupposto che le forze o i pesi agivano *verticalmente* sulla leva; ma esse possono ancora tirare obliquamente i bracci di essa leva. Posto che fosse così, sotto quali condizioni si stabilirebbe l'equilibrio? « Sempre sotto quelle, che io vi ho specificato in tutti i casi precedenti. Che la cosa stia effettivamente così, io mi studierò di mostrarvelo nel disegno n° 28. In esso voi avete a figurarvi in *a b* una leva a bracci ineguali, in *n* il punto di rotazione, e in *a c* e *b d* le linee di direzione delle forze operanti, o dei pesi *p* e *q*. Giusta il parallelogramma delle forze, *p* si decompone in due forze, di cui l'una (si chiami *p'*) agisce ad angolo retto sopra *a b*, e l'altra precisamente nella direzione di questa linea. Similmente succede della forza *q* contrapposta a *p*. Conciossiachè *q* esercita qui la sua influenza ad angolo retto sopra *a b*; e l'altra parte di forza opera nella direzione di *a b*. Se ora voi considerate, che le due parti di forza, le cui linee di direzione coincidono con *a b*, sian del tutto distrutte per la resistenza del punto fisso *n*, voi capite subito che noi invece delle forze originarie *p* e *q*, possiamo porre le forze *p'* e *q'* senza nessunissima offesa dell'esattezza. Ascoltate ora un'altra dimostrazione. Si prolunghi sufficientemente la direzione della forza *p*, per tanto *c a*, e si ponga sopra essa da *n* la perpendicolare *no=l*. Così si forma il triangolo rettilineo *a o n*. Si paragoni ora questo col triangolo di sotto, la cui ipotenusa è *p*, e di cui un cateto è *p'*; si trova che l'uno è si-

mile all'altro; che p sta a p' come $a\,n$ a l, e che per conseguenza anche i prodotti $p\,l$ e p', $a\,n$ posseggono una eguale grandezza. Osservate ora la forza q. « Non agisce ella precisamente così, come se ella toccasse ad angolo retto il braccio di leva $n\,m$? o le forze p e q non stanno forse in equilibrio, se $p\,o\,n$ è $= q\,n\,m$? » Da tutto ciò voi ritraete sicuramente, che le forze, in quanto dee stabilirsi l'equilibrio, anche poi quando sono applicate in direzione obliqua, debbono essere in rapporto inverso l'una rispetto all'altra, come le loro distanze dal punto di equilibrio o di rotazione.

Nel modo testè svolto noi troviamo anche i momenti delle forze, quando la leva, come qui nella figura (fig. 29), non è più una linea retta (compiete la figura, e spiegatela in brevi parole).

fig. 29

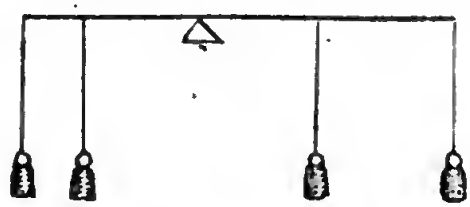


fig. 30

Ponete ora mente ai seguenti punti:

1. *Se più che due forze agiscono sopra una leva, ella è in equilibrio nel* SOLO *caso che le somme dei momenti, da cui ella è tratta dall'*UNA *e dall'altra parte, sono eguali tra loro.* Supponete, 1° che la leva $a\,b$ (fig. 30) si appoggi in c e in a, e, d, e b sia caricata di pesi; 2° che $c\,a$ ascenda a 12 pollici, $c\,e$ 8 pollici, $c\,d$ 6, e $c\,b$ 20 pollici; 3° p pesi 7 libbre, r 3, s 8 e q 3 libbre. Stando così le cose 7 volte 12 e 3 volte 8, non sono appunto tanto quanto 8 volte, 6 e 3 volte 20? Il numero 108 dà qui la somma dei momenti.

2. *Le leggi della leva matematica si applicano alla leva fisica: solo in questa devono prendersi a calcolo non solo i pesi sospesi e le loro distanze dal punto d'appoggio, ma anche la gravità degli stessi bracci.* Se la leva è una verga grossa egualmente dappertutto, noi possiamo figurarcene il peso raccolto nel suo centro; se inoltre è di bracci eguali, non ci offre le più piccole difficoltà in tutti i calcoli. Peggio va veramente quando il punto di equilibrio non coincide col centro di gravità. La leva fisica più conosciuta è la nostra bilancia.

Chi non sa più che tanto della leva, potrà certamente rendersi conto di una quantità di fenomeni e di processi che hanno per base le leggi di quell'instrumento. Questo dovrebbe essere il caso per cia-

scuno di voi. Onde spiegatemi per esempio i vetti, le forbici, tanaglie, chiavi, remi, coltelli, forchette, manovelle, i succhielli, picconi, e le nostre proprie braccia (esse sono evidentemente leve a un braccio) e va discorrendo.

Le pertiche o sbarre di ferro di cui si servono in molti modi i muratori, i falegnami, i fabbri-ferrai ecc. operano nel noto modo, che il peso è portato in una distanza notevolmente minore dal punto d'appoggio che la forza messa in azione. Anche le nostre forbici e le nostre tanaglie non sono altro che leve: il chiodo, per mezzo del quale le due metà sono tenute congiunte, è il sostegno o il punto di rotazione (pernio); la mano, che impugna i bracci più lunghi, è la forza operatrice; la resistenza finalmente, che il corpo che vogliamo tagliare o spiccare le oppone, è il peso da vincersi. Nelle chiavi, l'anello col quale si girano, è da considerarsi come leva. In generale, il chiavistello da tirare è il peso, e l'ingegno che lo preme, è il braccio più corto. Onde gli anelli di figura ovale rispondono ottimamente allo scopo. Quanto poi tutti quelli, che hanno ad aprire una serratura, conoscano bene questa circostanza, lo mostrano in ciò che volendo girar la chiave con maggior forza mettono un bastoncello, o vuoi un'altra chiave a traverso l'anello di quella che non vuol girare. I remi sono in certo modo leve a un braccio, che hanno il loro punto d'appoggio nell'acqua. Questo punto d'appoggio non è in vero perfettamente fermo; ma nel progresso del navicello offre sempre tuttavia bastevole resistenza, quando il largo del remo s'appoggia contro l'acqua.

Se un ragazzo può portare un gran peso insieme ad un uomo robusto, senza essere schiacciato (il peso è come si sa sospeso ad una stanga, e incomparabilmente più vicino all'uomo che al ragazzo), se le forbici tagliano più facilmente, meglio e più esattamente vicino all'imperniatura che verso la punta; se noi possiamo con un paio di tanaglione trarre dei chiodi fortemente confitti in un corpo senza grande impiego di forza; e se i succhielli ci rendono servigi tanto migliori, quanto i loro manichi son più larghi, le leggi sopra l'azione delle forze nella leva ci danno il fondamento delle più appaganti spiegazioni così di questi, come d'innumerevoli altri fenomeni. Le medesime leggi per concludere ci danno anche il modo di calcolare la forza, con la quale i muscoli conferiscono al movimento delle nostre membra. Il fine delle dette parti del corpo non consiste nel levare ragguardevoli pesi con piccole forze, ma nella circostanza di applicarle così, che le membra stesse percorrano una via considerevole con un molto insignificante accorciamento o prolungamento del muscolo agente. Solo per la ragione indicata i muscoli sono

collocati eziandio molto vicini al punto di rotazione della mirabile leva. Costretto di nuovo a tralasciare ogni calcolo che qui appartenente, io vi propongo solo a riflettere che in un uomo, che pesa 180 libbre, porta 200 libbre sul collo, e che sta ritto sopra uno de' suoi piedi con un ginocchio un poco piegato; quei muscoli che stan sopra all'elevata rotondità del ginocchio carico dal peso, sono in azione con una forza di 2280 libbre.

§. 10.

Degl' instrumenti o macchine di speciale importanza, che si fondano sopra le leggi della leva

a) *La bilancia.*

Osservatela prima nella figura annessa (fig. 31). La sua parte principale è il *giogo* o la leva propria. Se agli artefici fosse possibile di

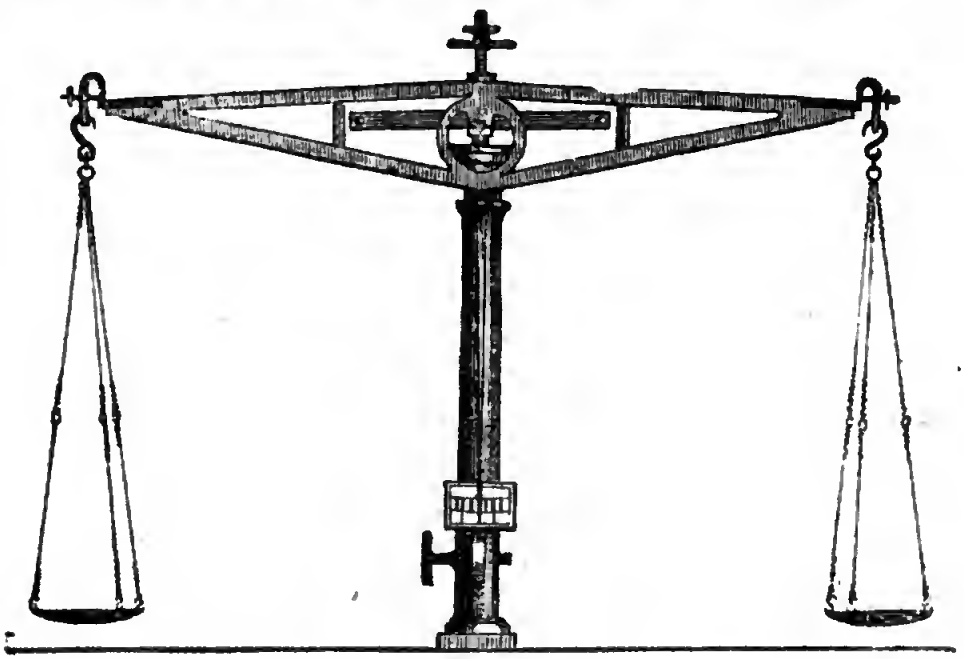


fig. 31

stabilire tra tutte le parti di essa una perfetta eguaglianza, e precisamente ai due lati del punto di sospensione (così si chiama nella bilancia il punto di rotazione) noi non troveremmo in lei che riprendere. Osservate più minutamente la trutina e il perno. La prima è

piattamente curvata, ottimamente levigata; l'altro scende al basso sempre più sottile, porta il giogo della bilancia, e sta a perpendicolo sopra lui. Quanto più si riesce a levigare la trutina e ad affilare il tagliente del perno, tanto maggior grado di perfezione acquista la bilancia. I cordoni o catenelle delle due estremità non abbisognano di nessun schiarimento. Poichè io vi ho altresì detto, che anche i piatti devono essere di egual grandezza, forma e gravità, e che a volere che il giogo torni sempre nella sua posizione orizzontale, è necessario di portare il punto di rotazione al disopra del centro di gravità: io compendio gli altri caratteri di una bilancia veramente gelosa, vale a dire di struttura irreprensibile, nei seguenti cinque punti.

1) Il giogo è di acciaio temperato, e pertanto ha tal forza, che non si piega menomamente sotto il più ragguardevole peso.

2) Lasciato a se stesso, conserva costantemente, sia carico o no di peso, la direzione orizzontale (non occorre spiegare che qui si parla solo di pesi eguali).

3) Permane nello stato indicato anche quando o semplicemente i piatti o solo i pesi eguali, che sono in essi, o i piatti e i pesi insieme si cambiano gli uni con gli altri.

4) Lascia poi quella posizione, vale a dire devia l'ago dalla sua primitiva posizione verticale, quando solo un piatto ha ricevuto aumento, sia questo piccolo quanto si vuole.

5) Dee anche abbassarsi, finchè o i piatti posino sul suolo, o sia egli stesso sostenuto da due stanghe. Solo sotto a questa condizione i gancii incavati d'acciaio, a cui pendono i piatti, non si dissestano mai.

La sensibilità di una bilancia noi la esprimiamo con una frazione, il cui denominatore è il maggior peso ch'essa può portare senza danno, e il cui numeratore indica il peso più piccolo, col quale essa sotto il precedente peso dà un sensibile trabocco. Si trovan bilance la cui sensibilità va anche al disopra di 1|1500000. A voler poi, quando i bracci non sono lunghi del pari, vale a dire nel senso matematico, ottenere pesi perfettamente eguali, si ponga in *un* piatto l'*un* peso, e nell'altro finchè il giogo torni a librarsi perfettamente orizzontale, corpi gravi d'ogni specie, e all'ultimo anche *cimosse e ritagli di carta.* Dipoi io metto nel posto del primo peso il secondo, e ottengo di nuovo nel modo predetto il più perfetto equilibrio. Solo quando si abbiano due pesi perfettamente eguali, si può determinare se i bracci d'una bilancia sono esattamente di eguale grandezza o no.

« Provate ora la bilancia che sta sulla nostra tavola, e datene poi il vostro giudizio ».

b) *La stadera.*

La stadera, che si chiama ancora la bilancia romana, rappresenta una leva a bracci ineguali, e ci porge così un mezzo, mediante lo stesso pesamento, di sperimentare la gravità di pesi ineguali.

In che consista il suo meccanismo, vi può esser chiaro nella fig. 32. Io ho segnato con *a* il punto d'appoggio fulcro centro dimora di

fig. 32

questa leva a braccia ineguali, il carico che si trova sempre in una distanza immutabile da quel punto con *r*, il peso che nella stadera porta il nome di *Romano* con *p*. Le molte piccole tacche verticali ci precisano esattissimamente se il contrappeso leva la metà, il terzo, il quarto ecc., dal braccio più lungo, o come stanno tra loro le distanze del carico e del romano dal punto d'appoggio. Più grande è il peso, posto nel piatto sospeso in *r*, più noi dobbiamo allontanare il romano dal punto d'appoggio, quando il raggio deve librarsi orizzontale. La grandezza del peso noi la troviamo per la legge. che noi abbiamo imparato a conoscere nella leva a bracci ineguali. Le stadere non posseggono mai l'esattezza delle bilancie o libbre; così e anche in grado più elevato le stadere a ponte o decimali, nelle quali viene applicata la leva composta. A pesare in un luogo chiuso servono le bilancie a indice. La leva ad angolo scaleno, onde constano, si gira nel suo vertice e per l'inclinazione che il più lungo braccio fa verso l'orizzonte, c'indica il peso che il braccio più corto ha ricevuto a portare.

c) *Della puleggia e del polispasto.*

Ogni disco circolare, fatto di legno, di metallo, o di qualunque altra materia solida, incavato a scanalature nel suo perimetro e munito d'un asse, che non passa pel suo centro, ma sta a piombo nel suo piano, si chiama una puleggia. Vi sono *puleggie immobili* e *mobili;* le prime hanno un asse fisso e per questa ragione non posson girarsi che intorno a lui; nei secondi l'asse è libero, e pertanto

consente, che mentre fanno quella rotazione, s'avanzino contemporaneamente nello spazio.

Osservate prima più minutamente tutte le parti di questa piccola puleggia immobile, p. e. l'occhio in cui sta l'asse; lo spago che scorre sopra la metà superiore della scanalatura del disco; i pesi co' quali noi abbiamo caricato le estremità di quello spago. Osservate ancora il disegno da me tratteggiato n° 33, e confrontatelo col suo prototipo e l'oggetto stesso! Certo voi scorgete subito che la nostra nuova macchina non è altro che una leva a braccia uguali, che ha il suo punto d'appoggio in *c* e le sue due braccia nei semidiametri *ca* e *cb*. S'ella dee permanere perfettamente tranquilla nel suo stato, vale a dire non esser tratta nè verso l'uno nè verso l'altro lato, la forza e il peso devono essere eguali. La puleggia immobile non produce vantaggi meccanici nè di forza, nè di tempo; ma serve solo piuttosto a diminuire la resistenza prodotta dall'attrito, e a dare una più acconcia direzione alle forze.

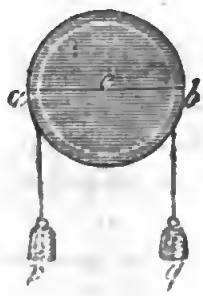


fig. 33

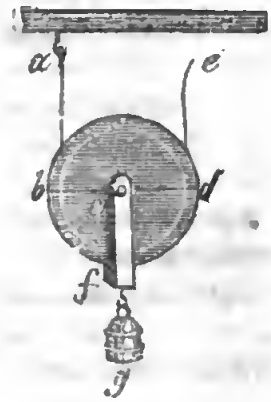


fig. 34

Come si comporti la puleggia mobile voi lo saprete, riguardando 1° questo ordigno e 2° il suo disegno sulla nostra lavagna. Un colpo d'occhio vi mostra, che in essa l'asse gira contemporaneamente al disco; che inoltre il cordone scorre sopra la metà inferiore della scanalatura *bfd* (fig. 34) e con l'un capo *a* è legato ad un corpo fisso; che finalmente la forza esercita la sua influenza all'altra estremità in *e*, e il peso all'incontro ad un gancio che scende dal centro della puleggia, l'esercita in *p*. Osservando più minutamente queste cose voi riconoscete al certo nel diametro della puleggia *bd* una leva ad un braccio, e nel punto iniziale *b* il punto d'appoggio o di equilibrio. Dopo tali schiarimenti sarebbe superfluo il voler ancora dimostrare, figurandosi la corda perfettamente cedevole, e siccome la puleggia stessa, senza peso, come qui la forza, spiegan-

dosi nella doppia distanza dal punto d'appoggio, può portar solo la metà del peso. La puleggia non fissa agevola pertanto assaissimo il progressivo movimento d'un qualsiasi peso.

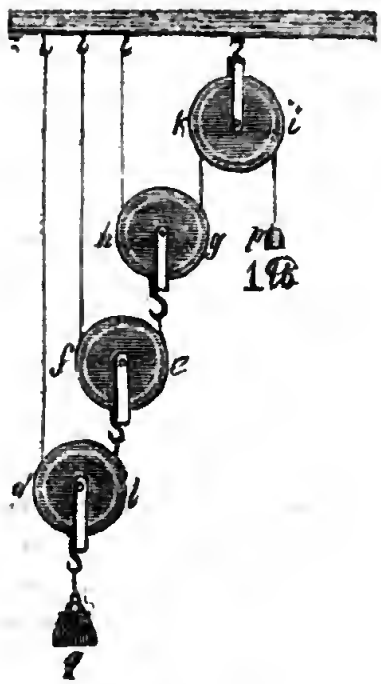


fig. 35

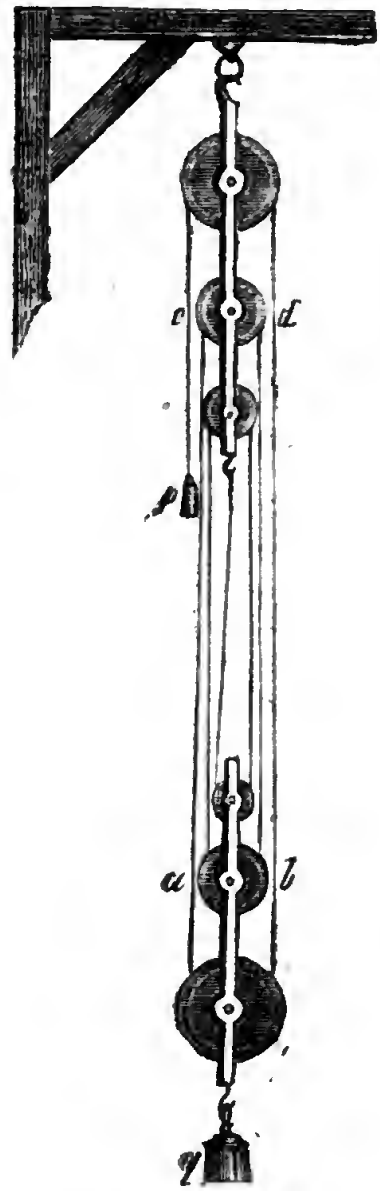


fig. 36

La figura n° 35 esprime una macchina, composta di 3 puleggie mobili *ad*, *ef*, *gh*, e di una puleggia immobile *ik*. Ogni puleggia mobile seguente raddoppia sempre la forza di nuovo; pertanto tre puleggie simili producono un aumento di 2 volte due volte 2, eguale a 8. Posto adunque che una tal macchina avesse 4 puleggie mo-

bili e portasse un peso di 128 libbre; « qual forza dovrebbe esercitare la sua influenza sopr'essa, per stabilire l'equilibrio? » Una forza di sole 8 libbre: perchè la prima puleggia riduce quasi il peso a 1|2, la seconda a 1|2. 1|2=1|4, la terza a 1|2. 1|4=1|8, la quarta a 1|2. 1|8=1|16, o per dirlo in altre parole, la prima puleggia rende sensibile alla forza solo la metà del peso, la seconda con la prima solo il quarto, la terza con la seconda e la prima, solo l'ottavo, la quarta con la terza, seconda e prima solo il sedicesimo. Ma il sedicesimo di 128 libbre è 8 libbre. La puleggia immobile serve semplicemente come rotella di guida alla direzione verticale della forza. Una macchina composta ancora più importante, che la testè descritta, è rappresentata dalla figura (fig. 36). In essa le puleggie, mediante occhi comuni, formano due gruppi, de' quali l'inferiore contiene solo puleggie mobili, e il superiore solo le immobili. Notate: *Ciascun gruppo separato di puleggie, si chiama puglia o taglia, tutta la macchina Polispasto.* « In qual modo la fune scorra sopra tutte le puleggie, lo mostra la figura; basta additarvi solo un capo di quella ch'è fissata al gancio inferiore della puglia *c d*. Il peso *q* è sospeso al gancio inferiore della puglia *a b* e la forza *p* agisce sull'estremità libera della fune. Il ricercare in qual rapporto in tali circostanze stia la forza al peso, quando tra loro sia stabilito l'equilibrio, è qui come dappertutto il nostro precipuo assunto. Noi procediamo subito alla soluzione del problema. Egli è chiaro che ciascuna delle sei funi del polispasto è esattamente accorciata di tanto, di quanto sale il peso, o che gli spazii percorsi in tempuscoli eguali dal peso e dalla forza, stanno l'uno all'altro come 1 a 6. Quello che poi segue da ciò, ce lo insegna abbastanza la considerazione della leva matematica a bracci ineguali. E dovrò io forse di nuovo spiegarvi che un ordigno di questa specie è in equilibrio quando la forza nel braccio più lungo supera d'un sesto il peso del più corto? » Del resto noi arriviamo anche per altra via al medesimo risultato. Il peso *q* tende ciascuna fune della puglia inferiore *a b*; ma nella macchina descritta vi sono sei corde: ora ciascuna corda non è tesa dalla sesta parte del peso? o forse la forza, che forma una non meno gran parte del peso non basta a produrre l'equilibrio dell'intero polispasto o sistema di carrucole? « Noi possiamo adunque per conseguenza risolvere il problema precedente; noi arriviamo sempre all'importante principio: » *Anche nell'equilibrio del polispasto*, non tenendo conto dell'attrito, *la forza e il peso stanno fra loro in ragione inversa degli spazi, ch'essi venuti in moto percorrono in tempi eguali; e per arrivare a conoscere la forza necessaria, noi*

non abbiamo a far altro che dividere la quantità del peso pel numero delle corde. Subito dopo l'argano il polispasto è non solo la più comune, ma anche la più comoda macchina, e s'adopera quasi giornalmente nei magazzini di grano e nella costruzione di alti fabbricati ecc., a tirar su gran pesi con piccolissime forze.

a) *Il fusolo della ruota del mulino.*

Che la piccola macchina, che io vi presento, possegga dall'un lato la maggior simiglianza con una puleggia, e dall'altro se ne differenzii in alcune parti, voi lo vedrete tostochè avrete comparato l'un ordigno con l'altro. « Fate il confronto e indicatemi poi le principali particolarità del nuovo congegno. » Ora io posso esporvi i seguenti punti:

1. *Quell'ordigno a foggia di carrucola, ch'è composto di un cilindro rigido, mobile intorno al suo asse, e d'un disco, nel cui centro quello va a battere, e sul quale egli sta a piombo, si chiama* per la sua somiglianza con una ruota di carrozza, *il fusolo della ruota.* Il cilindro forma il fusolo, il disco, la ruota. Invece del disco noi vediamo usarsi talora solo i così detti giratoi o manovelle.

2. *Il peso, che per mezzo di una tal macchina è alzato in alto, o deve essere tirato innanzi orizzontalmente, agisce comunemente all'estremità di una forte fune attorta al fusolo; la forza all'incontro ha il suo posto al perimetro del disco, e per conseguenza è lontana dal punto d'appoggio o di rotazione incomparabilmente più che quella.*

3. *Come la carrucola, così anche il fusolo della ruota è paragonabile ad una leva a bracci ineguali.* In essa il punto d'appoggio *c* (fig. 37), nel quale noi possiamo figurarci riunita la gravità dell'ordigno, risiede nel centro dell'asse; il semidiametro dell'albero *cb* fa da braccio più corto; una manovella o il semidiametro del disco *ca* fa da braccio più lungo. Pertanto se la forza e il peso, *P* e *Q* agiscono in direzione verticale, e sono inoltre portati ancora ai capi estremi del diametro, si ha l'equilibrio, quando essi stanno l'uno all'altro come i semidiametri dell'albero e della ruota; $P : Q = c\,b : c\,a$ allora anche $P\,c\,a = Q\,c\,b$.

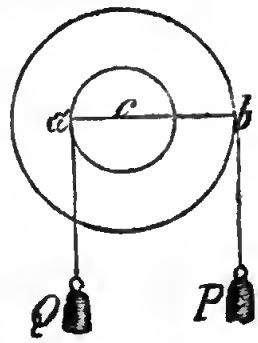


fig. 37

Solo con un esempio voi dovete mostrare se anche questo v'è riuscito chiaro. « Supposto che un uomo potesse senza aiuto d'arte portare un peso di 30 libbre da un luogo all'altro, di qual peso

dovrebbe egli disporre, quando si servisse di un tal fusolo di ruota, i cui due semidiametri stanno l' uno all' altro come 3|4 a 6? » Risposta: Del peso di 240 libbre, perchè 3|4 sono appunto l'ottava parte di 6 come 30 libbre di 240 libbre.

4. *La forza che si attua nel fusolo della ruota apparisce molto diversa, perchè essa è ora*, come in un'ala di mulino a vento, *una forza di pressione esercitata sopra una manovella; ora una caduta d'acqua sulle pale fissate al perimetro della ruota; ora un andar d'uomini o cavalli*, onde la ruota diventa una ruota che si fa andar coi

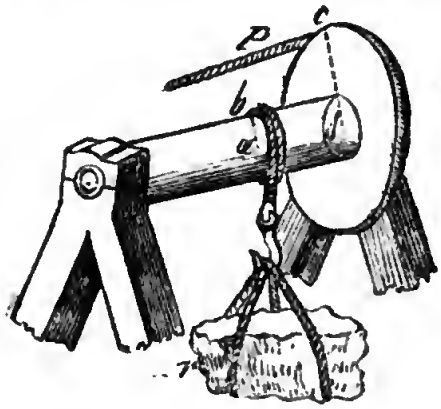


fig. 38

piedi, *ora una forza di trazione*, che si applica alla manovella, e per cui altri si serve ordinariamente d'un cavallo ecc. I molini a vento e ad acqua, le miniere, le rimesse (il movimento dei nostri carri a due e a quattro ruote dipende interamente dalle sopraddette considerazioni) ed anche i filatoi ecc. porgono la più bella occasione a vedute e insegnamenti interessanti, e sommamente utili.

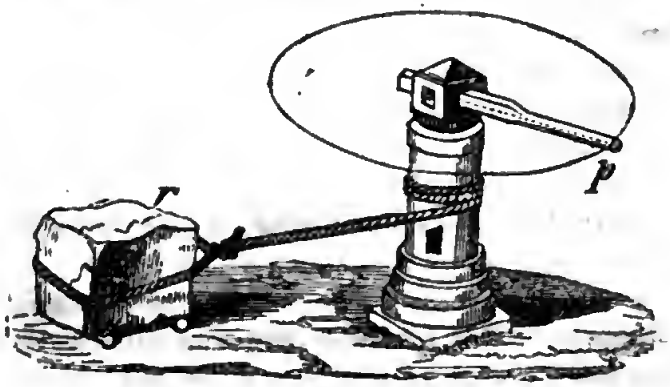


fig. 39

5. Il fusolo di ruota si presenta in generale ora come burbera (fig. 38), ora come argano (fig. 39): come burbera quando il

fusolo è in una posizione orizzontale; come argano quando viene a stare verticalmente. Nelle due figure *r* accenna il peso e *p* la forza che agisce in senso opposto. Nell'argano io vi ho di nuovo rimandati al semidiametro del fusolo e della ruota *a b* e *d c*. Voi vedete ora bene, che noi, per tirar oltre il peso *r* non abbiamo bisogno d'impiegare che una piccola forza.

§. 11.

Del piano obliquo o inclinato.

Non vi dee riuscir nuovo di qual mezzo si servano ordinariamente i carrettieri, navicellai o anche altri uomini per caricare o scaricare certi oggetti, per esempio botti pesanti, sopra o dai loro trasporti, perchè tali faccende ricorrono tutti i giorni; un asse od anche un paio di leve, poste in direzione obliqua, li conducono quasi sempre senza ragguardevole dispendio di forza al fine desiderato. Questo fenomeno è tanto più degno di un più minuto esame, in quanto che un'infinità d'altri fatti si connette con lui. Ora vedete innanzi tratto a quale verità vi possano condurre i pochi sperimenti, che io sono subito per fare in vostra presenza.

Io pongo questo disco di vetro prima in direzione orizzontale e poi grado grado in una inclinazione sempre maggiore all'orizzonte, e lo carico ogni volta, subito cioè che sia passato di nuovo in un'altra posizione, di questo corpo ben levigato. Che questo corpo rimase tanto nel luogo assegnatogli, quanto il disco stette orizzontalmente sospeso; che egli sdrucciolò subito sul piano orizzontale, e con una celerità tanto maggiore, quanto era più grande l'angolo d'inclinazione verso esso piano; che all'ultimo, quando il disco stette perfettamente verticale, s'appressò con tal forza alla superficie della terra, che nella caduta libera dei corpi verso la terra può essere appena maggiore, questo è quanto avete veduto, e che in pari tempo mi presenta la migliore occasione di comunicarvi i seguenti insegnamenti.

1. *Ogni piano, che fa un angolo acuto con l'orizzonte, si chiama piano* OBLIQUO O INCLINATO.

2. *Un piano obliquo distrugge costantemente una parte di quella pressione, che un corpo può esercitare sul suo sostegno, e solo la parte che rimane lo spinge lungo il medesimo verso la superficie della terra.*

3. *Perchè un corpo permanga quiescente sopra un piano inclinato, noi dobbiamo opporgli una forza, che sia al suo peso assoluto, come l'altezza di quel piano alla sua lunghezza.* Ma come si dimostra

l'ultimo punto? Nella fig. 40, RS indichi il piano inclinato; RT l'orizzontale; SRT l'angolo d'inclinazione; finalmente un piccolo carro il corpo posto sul piano RS. Per indicare la direzione in cui agisce la gravità, io tiro la linea *ba*, e per una ragione che saprete, tiro pure *bd* parallela al piano inclinato, e *bc* e *da*, ad angolo retto sul medesimo. Ecco che io qui arrivo al parallelogramma *b d a c* delle

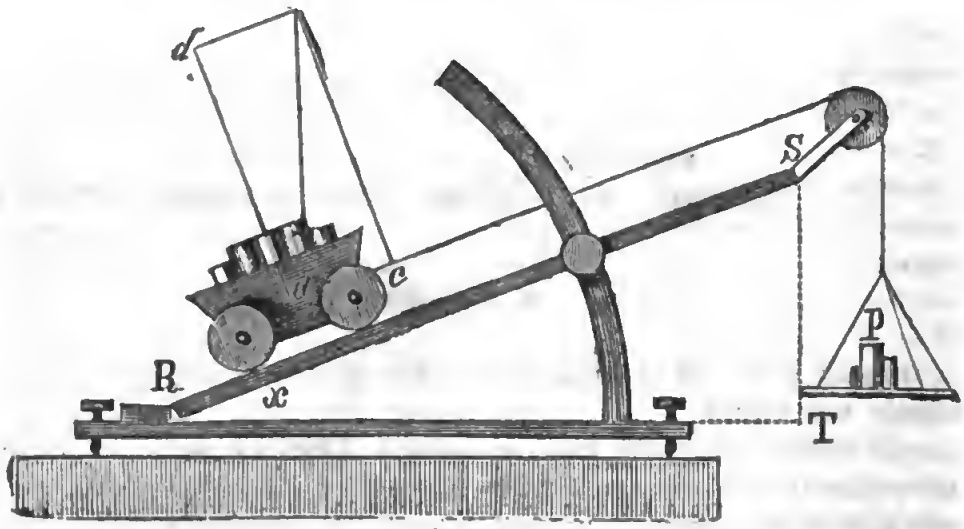


fig. 40

forze, che importa al caso nostro. Se voi vi ricordate ancora di ciò, che io vi ho già detto sopra questa figura, non vi dee riuscir strano, se io prima mi figuro decomposta la forza *b a* nelle forze laterali *d a* e *b d*, e se in secondo luogo affermo, che noi ci serviamo solo della *b d* per mantener l'equilibrio, essendochè la forza *d a* è distrutta dalla resistenza del piano inclinato. Rispetto a quello che io vi aggiungo in ultimo, che *b d* cioè sta a *b a*, come S T a S R (i matematici tengon conto nello stabilire questa proporzione geometrica della simiglianza dei due triangoli *b d a* e S T R), voi dovete, ignorando i casi d'analogia, starvene alla mia fede. Volendo dimostrare la sopraddetta asserzione, io non ho a far altro che attaccare un cordone al carro, per impedirne il movimento, avvolgerlo ad una carrucola, e caricare con un peso l'estremità che scende a basso.

Per conchiudere il mio insegnamento sopra il piano inclinato in generale, io vi propongo di rispondermi alle due seguenti domande: 1. *quale dev'essere la quantità di quella forza, che noi dobbiamo applicare non solo per mantenere un peso in equilibrio sopra un qualsivoglia piano inclinato, ma per muoverlo anche all'insù?* e 2. *quanto più hanno a tirare i cavalli, quando il carro deve salire, invece che*

andar sulla piana terra? Nel primo caso, non tenuto conto dell'attrito, la forza non deve essere che un poco più grande del carico che sdrucciola giù pel piano inclinato; se il carico fosse per esempio 80 libbre, un peso di libbre 81 ci farebbe raggiungere l'intento. In un carro che deve far l'erta, i cavalli, oltre l'attrito tra l'asse e la ruota, hanno a vincere anche quel peso, che spinge la carrozza al basso.

§. 12.

Macchine di speciale importanza, fondate sulle leggi del piano inclinato.

a) *Il cuneo.*

Innanzi tratto io vi prego oggi dirmi in brevi parole, quello che sapete del cuneo.

« Il cuneo s'adopera particolarmente a spaccar la legna, spezzar grosse pietre ecc. Più è debole, vale a dire quanto è maggiore la sua altezza in rapporto alla larghezza della sua costa, tanto minor forza noi abbiamo a spendere per farlo penetrare in qualsiasi corpo; ma tanto più noi perdiamo in celerità, perchè un cuneo più corto spacca più presto, fino ad una certa estensione, il corpo che si vuol tagliare. I nostri coltelli, accette, spade, scalpelli, forbici, vomeri ed altresì chiodi, aghi e spiedi, che possiedono un maggior numero di facce, non sono all'ultimo nulla più che cunei. »

Ora io aggiungo i seguenti punti:

1. *Il conio si chiama semplice, quando* L'UN *lato s'unisce con la base ad angolo retto;* DOPPIO, *quando i due lati fin dalla base sono affilati.* Voi prima non vedeste che il doppio. Il primo serve specialmente a levare diversi pesi, e anche a ravvicinare insieme due piani.

2. *Nell'uso del conio la resistenza che le parti di un corpo oppongono alla loro separazione forma il peso; la forza poi, almeno nella più parte dei casi, non è una pressione, ma una percossa o un colpo, la cui potenza non si può giudicare secondo le leggi dell'equilibrio.*

3. *Se noi chiamiamo la larghezza o grossezza di un cuneo* A, *la sua lunghezza* B; P *sta a* L, *vale a dire la forza al peso, come* A *a* B.

Se voi avete pertanto un coltello, la cui costa sia alla sua larghezza laterale come 1 a 20, a voler penetrare col suo mezzo nel pane, legno o qualsivoglia altro corpo, voi non avete bisogno che 1|20 di

quella forza, con la quale le parti da separarsi stanno attaccate l'una all'altra.

L'attrito è sempre straordinariamente forte, quando il cuneo è spinto addentro, e produce pertanto differenze assai ragguardevoli. Io qui le tralascio.

b) *La vite e la vite perpetua.*

Il proprio corpo della vite è *un cilindro retto*; il piano obliquo che gli si avvolge attorno in forma di spirale, si chiama la *spira*, e ciascuna parte dell'ultima, che corre esattamente per o sopra un giro intiero del cilindro, una *spira*. V' ha una *vite femmina* e una *vite maschia*; nella *prima*, nella così detta *madrevite*, noi troviamo le spire così incastrate in una superficie cava, cilindrica, che ricevono la più forte profondità; nella *seconda* son fatte sul piano esterno di un cilindro, e sporgono pertanto sopra tutte le altre parti. La madrevite e la vite maschia agiscono per altro sempre al medesimo tempo. La vite serve parimente ad agevolare il sollevamento di un peso, ad esercitare una forte pressione nell'applicazione d'una forza moderata; tuttavia si usa più spesso a connettere così 2 pezzi d'un instrumento o d'un arnese, ch'essi stiano veramente saldi insieme, ma che si lascino pure facilmente separare. Un grande e insieme assai mirabile uso della vite voi potete vedere nel bilanciere d'una zecca. « Notate anche i seguenti punti : »

1. *La forza, per la quale una vite dev'essere posta in moto, è applicata o immediatamente all'un capo d'essa, o mediatamente al capo d'una leva.*

2. *Stante l'analogia, che la vite ha col cuneo, è pure sottoposta a leggi analoghe, vale a dire che l'equilibrio si stabilisce in essa, sol quando la forza sta al peso o alla resistenza, come la distanza di due spire alla circonferenza del cilindro.*

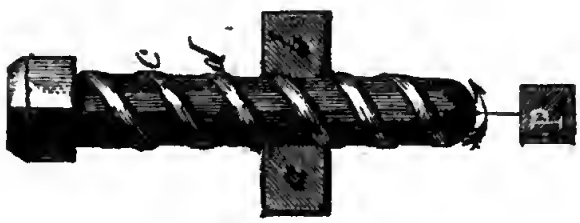


fig. 41

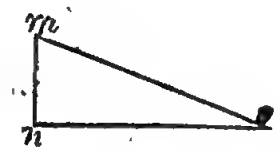


fig. 42

Supposto, che nel triangolo *m n o* (fig. 41 e 42), *m n* dia la grandezza di una spira (*m n* è preso $=c\,d$) e *n o* il perimetro del cilin-

dro, ecco che avvolgendo il triangolo al cilindro, *m o* formerebbe una spira. I risalti della vite s' adattano precisamente nelle incavature della madrevite *a b*. Se noi volgiamo, mentre l' ultima è ferma, la vite nella direzione della saetta, il peso che voi vedete qui segnato con P (la forza ce lo nomina per Q) viene alzato. Considerate ora principalmente la circostanza che P, mentre il girar della vite e pertanto la forza agisce parallela ad *no*, o alla saetta *b*, preme anche il piano obliquo delle spire. Or voi sapete che la forza, con la quale un corpo deve essere rattenuto sopra il piano inclinato, sta al suo peso, come l'altezza di quella superficie alla sua lunghezza; onde voi non potete dubitare un solo istante che $\frac{Q}{P}=\frac{mn}{no}$ o che P è contenuto tante volte in Q, quanto la larghezza di una spira nel perimetro d'un cilindro. Noi troviamo pertanto la quantità della resistenza, che può esser vinta da una vite, quando noi conosciamo la forza, il perimetro del cilindro, e la larghezza delle spire.

3. *Una vite, che è così composta di una coppaia e di una ruota dentata che le spire incastrino tra i denti della ruota e spingano innanzi un dente dietro l'altro e in questo modo girino la ruota, si chiama* VITE PERPETUA. La vite è infinitamente necessaria nei verricelli dei carrettieri, nel disco da misurare, nei geniometri e specialissimamente in quegli instrumenti che devono causare movimenti soavi.

Digitized by Google

SEZIONE TERZA.

Del movimento e dell'equilibrio dei liquidi.

Osservazione preliminare. Non v'ha alcun corpo liquido che possegga un'importanza maggiore che l'acqua; pertanto in questa Lezione io parlerò quasi solo di lei. — Ma riman sempre necessario di applicare ora più ora meno agli altri liquidi tutto quello che si dirà della pressione, del movimento, dell'equilibrio dell'acqua.

§. 1.

Dell'acqua in confronto a diversi altri liquidi.

Noi chiamiamo acqua, come è noto, il corpo che è contenuto nel vaso che avete dinanzi; sappiamo altresì che è messo tra i corpi liquidi, perchè le sue parti possono essere facilmente separate e riconfuse l'une nell'altre. L'acqua penetra in quegl'interstizii, che per la loro piccolezza restano sempre nascosti eziandio all'occhio armato; onde noi per distinguerla dal catrame, dal miele, dallo sciroppo e da altri liquidi, la diciamo *corpo scorrevolissimo.* Del resto, chi vuol dire compiutamente a se medesimo « che cosa è l'acqua? » non può contentarsi delle parole: Ella è un corpo scorrevolissimo; egli dee piuttosto nominare alcune altre proprietà dell'acqua, perchè la sua definizione non convenga anche all'olio, allo spirito di vino e a tanti altri liquidi. Ora guardate di nuovo entro al mio vaso. Per quanto possa esser grande la quantità dell'acqua che esso contiene, tuttavia voi vedete sempre il fondo del vaso, e tra l'altre cose anche la moneta, che io vi ho gettato. Ma non sapete voi già, che quei corpi che non c'impediscono di scorgere, mediante la vista, altri corpi, che si trovano dietro o sotto di loro, si chiamano trasparenti? » Ma quando, in terzo luogo, voi cercate di determinare il colore che ha l'acqua del mio vaso, vi maravigliate probabilmente di vederla priva di questo grazioso ornamento delle piante, degli uccelli, delle farfalle, e d'innumerevoli altri corpi. Sì, l'acqua non è solo liquida, scorrevole e trasparente, ma

anche *incolora*. Or come queste proprietà vi son chiare, chiaritevi alla fine della sua *mancanza d'odore e di sapore*.

L'acqua è per conseguenza un corpo liquido, scorrevole, trasparente, senza colore, odore e sapore.

Ora per concludere ponete mente ai seguenti 4 punti:

1. *L'acqua, che voi avete più volte osservata, è distillata, vale a dire liberata al possibile da tutte le sostanze eterogenee.* — Nell' acqua di sorgente, di fiume o di fonte ecc. noi desideriamo ora questa, ora quella delle proprietà summentovate. — I modi di dire: l'acqua sa di crudo, di dolciastro, d'amaro, di salso ecc., ha un odore ingrato, è gialliccia ecc., si fondano sull'essere ella non di rado mescolata a sostanze diverse. — Più è pura, più è dolce; più è impura, tanto maggiore crudezza possiede. La natura ce la dà quasi pura nell'acqua di neve e nella pioggia. « Donde viene principalmente, che anche tal acqua non è affatto libera da parti eterogenee? »

2. *L'acqua talora si corrompe, e prende un sapore disgustoso.* — Questo altresì è effetto di materie estranee. Si metta nell'acqua una materia animale o vegetale, e in breve verrà la corruzione o putrefazione. Ma tuttavia quella stessa acqua sarà di nuovo bevibile, se quella materia si separa da lei come melma terrosa e va al fondo.— Di cotale trasmutazione non sono ignari i naviganti; imperocchè essi lasciano, per esempio, l'acqua dolce, che hanno portata con loro, compiere tranquillamente la sua fermentazione (che avviene sempre nella putrefazione), e la bevono da capo più volontieri che prima non avean fatto.

3. *Il carbone viene decantato come un mezzo potente contro la putrefazione dell'acqua ed anche di altri liquidi.* — Volendo servirsi del carbone a tale effetto, riducetelo in polvere, gettatelo poi nell'acqua putrida, versatevi di vantaggio alcune stille di acido solforico concentrato, diguazzate il tutto insieme, e passate in ultimo il liquido per un panno pulito di canapa o lana. — In tal modo voi potete in parte ora conservare in buon essere, ora liberare dalle loro cattive qualità anche l'olio, l'acquavite e simili. L'olio, per esempio, perde il suo sapore rancido, e quando si trova ancora senza difetti, acquista la potenza di mantenersi assai lungo tempo buono e servibile. — Il carbone polverizzato dà eziandio un miglior sapore al miele, allo sciroppo di barbabietole ecc. Quanto deve essere prezioso ai naviganti il mezzo di poter di nuovo render buona l'acqua guasta!

4. *L'acqua è un fluido che si sostiene per se stesso, vale a dire liquido per se stesso, e all'istato puro.* — Lo stesso avviene dell'*argento vivo*,

dello *spirito di vino*, dell'*etere* e degli *olii fluidi*: l'argento vivo si trae il più spesso dal cinabro (solfuro rosso di mercurio). Ha la bianchezza dello stagno; non è trasparente; ha una forte lucentezza, e scioglie, eccetto il ferro, nel quale in certo modo la sua forza si frange, tutti gli altri metalli; lo *spirito di vino*, questo fluido infiammabile, del quale noi facciamo uso negli sperimenti fisici forse non meno spesso che dell'argento vivo, si forma, quando i dolci sughi delle piante subiscono la fermentazione vinosa, e trasformano una parte di quello zucchero che contengono in un corpo liquido; — l'etère, che voi non dovete confondere, nè con la nafta nè con la specie migliore del petrolio, nè con quel fluido elastico, che secondo il presupposto dei fisici deve essere diffuso per tutto lo spazio dell'universo, è prodotto per mezzo degli acidi dall'alcool o dallo spirito di vino sommamente rettificato (l'acido solforico unito allo spirito di vino ci dà per esempio l'*etere solforico*) è sommamente volatile, s'accende accostandolo alla fiamma, e agisce come dissolvente di molti corpi, tra gli altri della gomma elastica; degli *olii fluidi* non occorre qui dir nulla, essendo generalmente conosciuti.

§. 2.

Della dilatabilità, compressibilità ed elasticità dell'acqua.

Questo recipiente è sempre pieno d'acqua. — Se lo pongo sopra un treppiede, vi accendo sotto il fuoco, e osservo con voi in pari tempo quali cambiamenti si vanno in essa scoprendo di mano in mano, — il più importante di tutti ci si appalesa dopo pochi minuti. Non volendo qui trattenermi a lungo in esperimenti, che io nel processo del corso dovrò rifare, noto brevemente questo, che è il principio generale: aumentando il calore, i corpi si dilatano; scemando, si restringono: si verifica in un grado veramente notevole nell'acqua.

L'acqua possiede ancora la proprietà della dilatabilità; « ma è ella anche compressibile? »

Se ponghiamo mente al noto fenomeno, che ci presenta quando scema il calore, noi dobbiamo rispondere subito affermativamente a questa domanda; ma la cosa va altrimenti quando noi, mediante la pressione meccanica, vogliamo dimostrare la compressibilità dell'acqua, e in generale di qualsivoglia liquido. Impedito di istituire qui gli esperimenti opportuni, io posso dirvi soltanto che, *i liquidi in generale sono di gran lunga meno compressibili che i corpi*

Digitized by Google

solidi. — Così, per esempio, le pareti della volata d'un cannone grosse anche 3 pollici, scoppierebbero prima che l'acqua contenuta in lei si lasciasse comprimere solo di 9|200 del suo volume. La prova è pronta. Come voi forse più innanzi udrete più distintamente, il volume dell'acqua si restringe appena di 1|2000 mediante la pressione d'un'atmosfera; ora non occorrono mille atmosfere per troncare un cilindro d'ottone, ch'abbia pareti grosse 3 pollici. Di tutti i corpi l'aria e i gas sono i più facilmente compressibili.

Dell'elasticità dell'acqua fan fede moltissimi fenomeni che si osservano nella vita ordinaria. Una pietra piatta, per esempio, gettata con una certa destrezza sopra una grande superficie d'acqua, balza sopr'essa tanto che la sua gravità la vinca, e cacci al fondo. — Così i pesci d'un vivaio o d'una peschiera tostochè sono chiamati al pasto col suono di una campana, salgono alla superficie dell'acqua. — « E voi non udite il rimbombo del mio martello, quando io lo batto sopra una campana immersa nell'acqua? » Se l'effetto fosse diverso, tosto che l'acqua ha perduto la sua aria mediante l'ebollizione o anche mediante la macchina pneumatica a rarefazione, noi potremmo facilmente credere che l'aria propagasse il suono anche in questo caso. — Ma l'effetto rimane sempre lo stesso nelle più diverse circostanze. — Come quei fenomeni fanno fede dell'elasticità dell'acqua in generale, così il seguente fenomeno prova la piccola misura in cui ella vi risiede. Se voi movete lentamente la vostra palma sulla superficie dell'acqua, voi non provate che un dolore estremamente piccolo, o forse nulla; ma se la movete velocemente e con forza, voi sentite un colpo molto spiacevole. — Se vi fosse possibile di fare il detto tentativo con una immensa prestezza, la vostra mano sarebbe non altrimenti che dalla palla di un cannone separata dal braccio e scagliata ben lungi. — Non mancano esempi di persone che hanno spezzato delle lame di spade nell'acqua; anzi delle palle di schioppo, ch'essi vi tirarono e fecero cadere in una direzione veramente obliqua, vale a dire ad un angolo estremamente piccolo, rimbalzarono talvolta da quella. Di ciò fece già sperienza quel cacciatore, che tirò ad un carpione d'un vivaio e ricevè parecchi pallini sul viso. Del resto, chi sa che l'elasticità dell'acqua può dimostrarsi soltanto per mezzo di grandi forze, e di apparecchi molto artificiosi, non aspetta da me nessun relativo esperimento. — Come i corpi solidi e fluidi elastici (rammentatevi di nuovo gli esperimenti colla gomma elastica, l'avorio, le laminette d'acciaio, l'aria ecc.) così si dilatano anche i liquidi, tostochè la forza che li preme cessa di agire.

Con tale occasione sentite anche questo. —

Voi tutti sapete che l'acqua, sufficientemente freddata, si muta in un corpo solido, e che questo corpo si chiama ghiaccio; ma forse ognuno potrebbe non sapere, ch'ella si dilata a un tratto nell'indicata transizione, e in questo tempo, racchiusa in uno stretto spazio, appalesa una meravigliosa forza. — Una volta un naturalista versò dell'acqua in grossi tubi di ferro, poi li tappò, e gli espose ad un notevole freddo. Ed ecco, nell'istante che l'acqua s'agghiacciò, tutti i tubi scoppiarono. Lo sperimento con grosse bombe gli diede un simile risultato. — Le travi, i robusti alberi, ed anche i forti macigni si spezzano, quando le parti acquee che si trovano in essi si tramutano in ghiaccio. Meno meravigliosi fenomeni, ma procedenti dalla stessa cagione, sono lo spaccarsi dei vasi di fiori, lo spezzarsi di bottiglie di vetro, e d'altri simiglianti corpi nell'inverno.

Ma come può avvenire che il ghiaccio occupi un maggiore spazio, che l'acqua onde si è formato? — Per sventura noi intorno a questo punto versiamo ancora nell'incertezza. Quando l'acqua s'agghiaccia, si formano lunghi aghi, che si pongono regolarmente l'uno accanto all'altro sotto angoli di 60 a 120 gradi. Ora che questi aghi non possano combaciarsi come facevan prima le pallottoline dell'acqua, v'è chiaro; come è chiaro altresì che le pallottoline del ghiaccio, stantechè l'acqua nell'agghiacciamento segue più la legge della cristallizzazione, che quella dell'attrazione interna, devono creare molti spazii vuoti. In questo movimento irregolare consiste indubitatamente una delle cagioni più importanti del sopraddetto fenomeno; anche il ghiaccio dovrebbe per questo essere più leggiero che l'acqua, perchè da questa, quando si solidifica, esce una quantità d'aria.

Quanto è più grande il freddo, tanto il ghiaccio è più duro. — La durezza a cui il ghiaccio arriva talvolta nell'alto Nord è così notevole, che si lascia appena spezzare con un martello. — Il seguente fatto dimostra egregiamente la mia asserzione:

« Nel rigidissimo inverno del 1740 l'imperatrice Anna di Russia comandò di edificare un palazzo del ghiaccio della Newa. Questo palazzo ebbe una lunghezza di piedi 52 1|2, fu largo 16 1|2 e alto 20. — Tutti i pezzi, messi in opera, erano in forma di pietre riquadrate o quadrelli, e poste le une sull'altre secondo le regole dell'architettura; anche le seggiole e le tavole, gli stipi e i cassettoni, i chiodi, le chiavi, le vetrate ecc. eran di ghiaccio. — Innanzi al palazzo si vedevano della stessa materia due bombarde e sei cannoni ordinarii coi loro affusti. — Che da questa artiglieria si potesse

far fuoco, senza che si spezzasse, è la più bella prova della quasi incredibile durezza del ghiaccio nel freddo rigoroso. — Prima fu tirato con palle di canapa fortemente ritorta, e poi con palle di ferro. — La carica consisteva inoltre per l'ordinario di tre once di polvere. — È assai notevole che il palazzo di ghiaccio ebbe anche una stufa a bagno, e questa, il che ecciterà sommamente la vostra ammirazione, alcune volte fu accesa. — Dopo circa due mesi sparì di mano in mano la casa artificiosamente costrutta. Fuori di alcuni grossi pezzi che erano stati portati nella ghiacciaia imperiale, la distrusse allo scorcio di marzo il dolce calore di primavera.

§. 3.

Della gravità dell'acqua in generale.

Io pongo oggi in prima questo piccolo vaso di latta sopra un piatto della mia sensibilissima bilancia a due braccia, e gravo l'altra, per ristabilire il perduto equilibrio, di alcuni pesi, per esempio, di 1 *loth* 1|2. Poi io l'empio d'acqua fino all'orlo, e cerco quanti pesi richieda il secondo piatto, se deve rifar contrappeso al primo. = Bisogna, a tal effetto, 1 *loth* e 1|2. — Così voi sapete qual gravità abbia l'acqua nel mio vaso di latta; ma voi non conoscete ancora lo spazio che occupa. — Notate! quello spazio ammonta esattamente a un pollice cubo. Ora chi sa il contenuto di qualsivoglia misura di fluido deve anche poter calcolare la quantità d'acqua che v'entra. « Quanto pesa, per esempio, un piede cubo d'acqua? » — Voi avete intanto a considerare ancora molte cose su ciò.

1. *L'acqua, che io ho pesata, era distillata, e possedeva circa 15 gradi di calore secondo il termometro di Reaumur.* — Ora di cotesta acqua un pollice cubo pesa 1 *loth* e 2|9. Altra spiegazione non occorre del perchè l'acqua impura, come anche la pura, ma questa ad un altro grado di temperatura, siano ora più ora meno pesanti. — La stessa secchia piena d'acqua di fiume d'estate e d'inverno dà quasi una libbra di differenza nel peso. Questa differenza c'indica soltanto l'*apparente* dilatazione dell'acqua; la reale noi allora l'impareremmo a conoscere, quando nel pesamento, ci potessimo servire di un tale apparato sul quale lo stesso calore non esercitasse la menoma influenza.

2. *L'acqua essendo pesante si muove dai luoghi alti ai bassi; dalle sorgenti fluisce nei rivi, dai rivi nei fiumi, dai fiumi nel mare.* — Eppure l'acqua del mare non cresce. — Questo viene principal-

mente, perchè l'acqua, in ragione delle evaporazioni, specialmente rapide nella zona torrida, perde altrettanto di quanto guadagna. Chi vuol imparare a conoscere il peso dell'acqua, anche per un altro modo, non deve che andare ad un mulino a acqua, e prenderà meraviglia come talvolta una quantità estremamente piccola muove una ruota assai grande. — Vi sono poi in generale fenomeni innumerevoli, che si fondano sul peso dell'acqua; nominatene alcuni, ed aggiungete in pari tempo le necessarie spiegazioni.

§. 4.

Della pressione dell'acqua sull'acqua e sopra altri corpi.

Le due forze, che determinano ancora la proprietà dei liquidi, sono, come vi ha insegnato la prima sezione, la forza di gravità, e quella di coesione: la *prima* agisce, come è noto, sui detti fluidi al tutto come sui corpi solidi; la *seconda* è poi l'unica causa che quelli ci appariscono nel loro proprio essere, e per conseguenza non come solidi o fluidi elastici. — Or figuratevi che nel recipiente *abcd* (fig. 43) noi avessimo tal acqua, che veramente, per essere perfettamente coperta non solo sotto e ai lati,

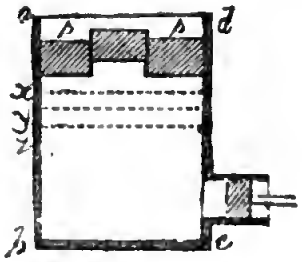


fig. 43

ma anche alla sua superficie, e precisamente qui dal pistone solido *p*, avesse ricevuto un grado determinato di densità, ma fosse senza peso affatto, il che veramente non avviene di lei, come di nessun altro fluido, e fatevi in pari tempo la domanda: 1. Se in essa, per averla quiescente, bisogni un recipiente che la contenga; e 2. come si propaghi la pressione, che sorge subito, quando noi carichiamo come che sia il pistone *p*, che ci siamo figurato senza peso? È manifesto che un tal fluido, abbandonato a se stesso, non può cadere, e rinchiuso in un vaso, non può effluire per un'apertura nel fondo, nè per un'altra apertura nel pistone o in una parete laterale. — La cosa va diversamente, quando il pistone

ha ricevuto un peso da portare; in tal caso il suo strato superiore *a* dovrebbe andare a fondo, se non fosse rattenuto dal secondo *y* che si trova sotto di lui. Or come preme *p* sopra *x* e *x* sopra *y*, così *y* sopra z, *z* sullo strato seguente ecc. fino al fondo del vaso. Il fondo pertanto soffre una pressione, come se il pistone pesasse immediatamente sopra lui. — Chi ha bene ponderato tutto ciò, è impossibile che dubiti ancora, che *la pressione* 1° *si propaga senza perdita dall'alto al basso;* 2° *è eguale in ogni punto;* 3° *è sempre proporzionale all'estensione di quel piano che noi abbiamo sottoposto alla nostra considerazione.* — Rispetto al pistone, e alle pareti laterali succede lo stesso. — Supposto che io facessi un buco in qualsivoglia punto di queste pareti, voi vedreste zampillar fuori l'acqua, e vi convincereste al medesimo tratto, che l'efflusso non può essere impedito che da una contropressione, che sta al carico come la superficie del buco al piano inferiore del pistone; brevemente, *i fluidi propagano equabilmente per tutti i versi la pressione, che viene esercitata sopra qualunque parte della superficie.* — Questo avviene naturalmente anche nei fluidi pesanti. *La pressione che soffrono in essi le particolari molecole, procede dalla lor propria gravità; non fa pertanto nessun divario se i fluidi sian pesanti o senza peso.*

L'acqua si trova quiescente nel mio vaso; « e come troviamo la sua superficie? » Non tenendo conto del piccolo influsso che esercitano sopra essa le pareti del vaso (rammentatevi qui la capillarità) ciascuno la trova perfettamente orizzontale. E così anche dev'essere. — Supponendo che non apparisse orizzontale, o come possiamo anche esprimerci, non ad angolo retto alla direzione della forza di gravità, ma avesse, per esempio, la posizione di *a b e d* (fig. 44), voi vi dovreste figurare un piano obliquo, posto a traverso di un punto d'essa, *b* ed *e*, e tosto vi sarebbe chiaro, che i globuli d'acqua giacenti sopra quel piano devono sdrucciolare sì a lungo all'in giù, finchè la superficie abbia preso dappertutto la posizione orizzontale. — Come avviene dell'acqua in un vaso ordinario, così avviene pure dell'acqua del mare. Ond'è chiaro che la superficie di tutti i mari, se operasse unicamente la forza di gravità, dovrebbe formare parte di una sfera, e esser dappertutto egualmente lontana dal centro della terra.

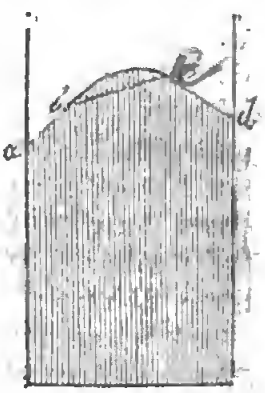


fig. 44

Per calcolare la pressione, che tali masse fluide, le quali si trovano in equilibrio, esercitano così sul fondo orizzontale, come anche sulle pareti di qualsiasi vaso, io non solo ho portato qui parecchi vasi, ma tratteggiata altresì la figura di ciascuno di essi — Il primo vaso è di vetro, diritto, prismatico (fig. 45); il secondo è un pentolo in forma d'imbuto, che pertanto s'allarga verso la cima (fig. 46); il terzo rappresenta assai bene una caraffa ordinaria (fig. 47). Tutti e tre son già pieni d'acqua fino all'orlo. —

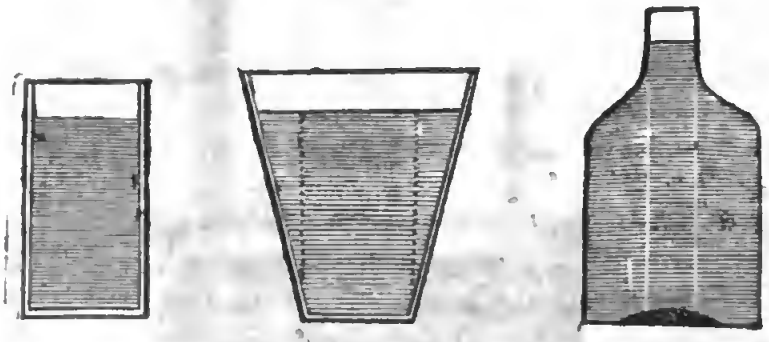


fig. 45 fig. 46 fig. 47

Notiamo la superficie del fondo con f^2 e l'altezza della colonna d'acqua con h; ne viene che la pressione totale, che l'acqua esercita sul vaso diritto prismatico dev' essere eguale a $f^2 \times h$. Che la pressione totale anche nel vaso imbutiforme sia grande come il peso d'una colonna d'acqua, la cui base è eguale al fondo e l'altezza alla distanza verticale delle due superficie orizzontali l'una dall'altra; voi ne siete convinti, quando io caccio nel vaso questo cilindro aperto alle due estremità e quando in ciò voi notate che le superficie dei fondi dei due vasi rispondono precisamente l'una all'altra. È manifesto che tutte le particelle d'acqua che hanno il loro posto fuori del cilindro immerso sono in certo modo come non fossero pel fondo del vaso. — Avviene il medesimo quando il cilindro è stato di nuovo tratto fuori dell'acqua. — La soprascritta formola; $f^2 \times h$, si applica eziandio al mio terzo recipiente, alla caraffa. — Ora considerate qui principalmente due punti: 1. quelle parti della superficie del fondo, che stanno verticalmente sotto la superficie della quantità dell'acqua, sono indubitatamente esposte ad una pressione, che agguaglia la pressione di tutte le piccole colonne di acqua che pesano sopra lui; e 2. quei fluidi, il cui equilibrio è ristabilito, diffondono la pressione equabilmente per tutti i versi! « In tali circostanze le altre parti del fondo non soffrono altresì la

pressione ? » Se io potessi render mobile il fondo, e fissarlo con pesi all'acqua che sta sopra esso, la pressione si mostrerebbe precisamente così grande come io vi ho indicato.

Che la pressione che un fluido esercita di sopra in sotto, sia affatto indipendente dalla forma del vaso, si dimostra evidentemente, massime con l'aiuto di quell'apparato, che io ho disegnato sulla lavagna. Questo apparato consta di una canna ricurva *a b c* (fig. 48);

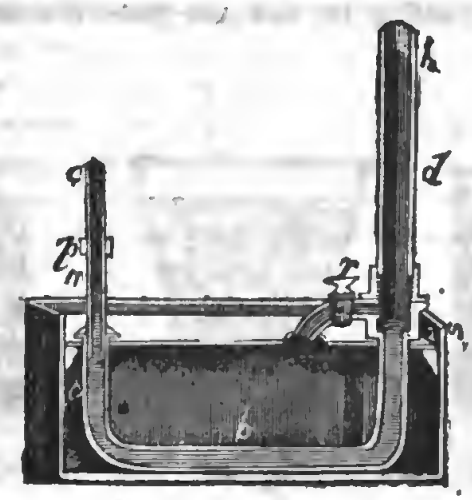


fig. 48

è fermata in una cassetta, e disposta in modo, che altri in *a* può avvitare vasi di figura assai diversa. — Nel servircene, noi versiamo prima dell'argento vivo nel tubo, e segniamo nel braccio presso *c* con un segno mobile l'altezza *n*, fino alla quale si eleva. Poi noi avvitiamo in *a* il vaso cilindrico *d*, e c'infondiamo acqua fino a un' altezza determinata *h*. — Ora osserviamo come si comporti l'argento vivo nell'altra branca, e notiamoci il punto *p* fino al quale è arrivato per la pressione dell'acqua. — In vece del reci-

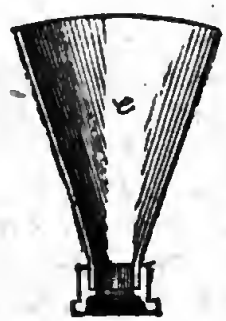


fig. 49

fig. 50

piente *d*, che noi possiamo votare per mezzo della chiavetta *r*, noi mettiamo inoltre l'uno dopo l'altro i recipienti *e* (fig. 49), *f* (fig. 50),

e *g* (fig. 51); li empiamo tutti d'acqua fino all'orlo, come già il vaso *d*, e ricerchiamo sempre di nuovo a quale altezza l'argento vivo salga nel tubo *c*. — Or quando noi in tutti i vasi, indifferentemente, siano *dritti o torti*, *cilindrici o infundibuliformi*, la vediamo arrivare esattamente fino a *p*, noi troviamo subito giusto il principio: *la pressione non dipende punto dalla forma del vaso, ma solo dalla grandezza della superficie del fondo, come altresì dall'altezza e dalla natura del fluido.* Quanta forza ci vuole

fig. 51

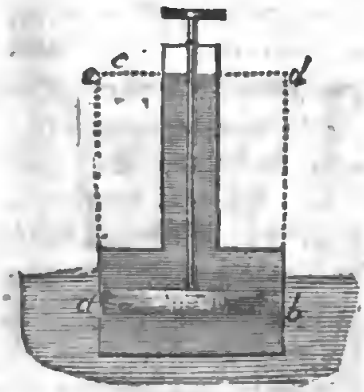


fig. 52

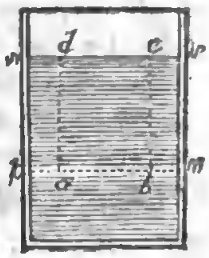


fig. 53

a mantenere in *ab*, e a trarre in alto lo stantuffo d'una tromba costruita come alla fig. 52, e la cui acqua sta nello stretto tubo fino a *c*? Certamente tanta, come quando l'acqua empiesse tutto lo spazio *abde*, e premesse lo stantuffo.

A voler dimostrare, che i fluidi non agiscono solo sul fondo, ma anche in ogni punto nell'interno del vaso, noi non abbiamo che a prendere lo strato *mp* (fig. 53) che ha una direzione parallela con lo specchio dell'acqua *ndcv*. È evidente che questo strato sopporta il peso del cilindro fluido *nmpv*. Ora poichè esso strato permane al tutto quiescente, è chiaro che deve sostenere una pressione perfettamente eguale in direzione opposta, vale a dire di sotto in sopra. — Ora notate solo una parte di questo strato, per esempio *ab*. Come il dire « che una forza eguale al peso della colonna eguale al liquido *dabc* agisce d'alto in basso sopra *ab* non ha bisogno di prove », così neppure il dire che la base di un cilindro solido, che noi immaginiamo nel liquido, ha da sostenere una simile pressione di sotto in sopra. — Supponendo che nel fondo d'un naviglio si facesse un buco, qual contropressione dovrebbe esercitarsi, perchè l'acqua non salisse nello spazio interno? tale che fosse eguale ad una colonna d'acqua che abbia per base il buco,

e per altezza la distanza di esso dalla superficie dell'acqua. » Ora voi vedete bene, che il fondo dei navigli più grossi, se deve sostenere la notevole pressione dell'acqua di basso in alto, ha ad essere costruito assai forte, e che gli esseri inoltre, come le sogliole, i rombi e parecchi altri pesci, che vivono quasi sempre sul fondo del mare, devono resistere ad una pressione immensa.

Il seguente esperimento vi guida a rispondere alla seconda mia questione principale « *quanto è grande la pressione che soffre una parte qualunque della parete laterale di un vaso pieno d'acqua?* — Ecco qui un pentolo che nelle sue pareti ha alcuni buchi che si trovano l'uno sopra l'altro. Dopo che li ho chiusi col mezzo di turaccioli fatti a bella posta per loro, lo empio d'acqua, e ne cavo poi fuori al più presto possibile tutti quei tappi. — E allora noi osserviamo che l'acqua spiccia da tutti i buchi, e veramente tanto più forte, quanto essi sono più vicini al fondo, e quanto è più alta la colonna d'acqua che li grava. — Questo fenomeno dà la prova più calzante che 1) *anche le pareti laterali prendono parte alla pressione dell'acqua; e che* 2) *cresce con la profondità sotto lo specchio dell'acqua.*

Osservate ora esattamente la fig. 54, e in essa principalmente *mn*, che deve figurare uno strato orizzontale di acqua. Lo strato

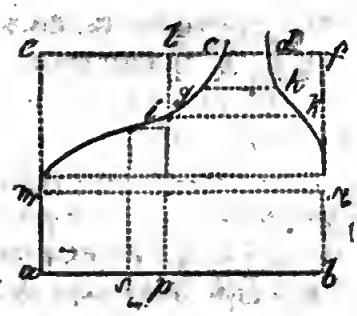


fig. 54

mn è così pigiato, come se tutto il prisma a cui serve di base, e che si stende fino alla superficie dell'acqua ed ha pertanto *em* per altezza, pesasse su lui. — Ma perchè la pressione si propaga equabilmente per tutti i versi, è chiaro ch'è egualmente grande per quelle parti della parete che si trovano ad altezza uguale, e che coincidono anche nell'estensione ed ampiezza. Supposto che io segnassi g^2 una piccola superficie di parete, e h l'altezza del prisma dell'acqua che si trova sovr'essa, $g^2 h$ non ci darebbe forse la quantità della pressione sofferta da quella parte della parete laterale? — Ma che ci danno poi qui le linee *cd*, *gh*, e *ih*? — Chi mi cal-

cola finalmente la pressione, che l'acqua esercita sopra un argine, lungo 100 piedi, e che sta 5 sotto acqua (calcolate qui il piede cubo d'acqua a 66 libbre)? »

Se le condizioni, che noi abbiamo svolte sopra per l'equilibrio dei liquidi, persistono ancora quando essi si trovano in vasi che comunicano insieme, gli sperimenti che seguono ve lo possono mostrare.

Io verso prima nel tubo a branche egualmente larghe, *a* e *b* (fig. 55), una gran quantità d'acqua a piacere. E il risultato è esattamente come prima — vale a dire il liquido non si riduce a quiete se non quando la sua superficie sta in un piano orizzontale nelle due branche. Io replico il mio sperimento, ma mi servo

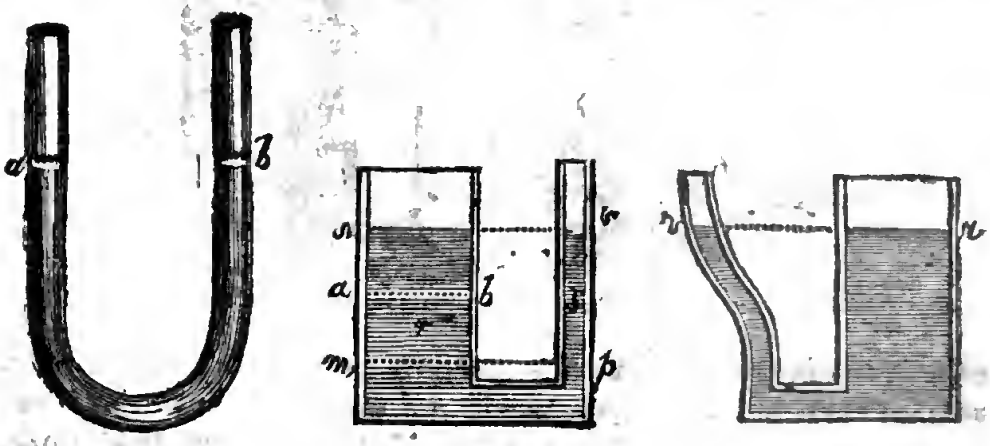


fig. 55 fig. 56 fig. 57

di questo tubo composto di due branche d'ineguale larghezza (fig. 56). Ed ecco! anche in esso, l'acqua sta ad eguale altezza nelle due branche. — Il fenomeno non subisce finalmente nessuna alterazione, neppure quando una delle branche è ricurva. — Ora figuratevi che nel vaso più largo, in *m* (fig. 57), s'elevi orizzontalmente una parete divisoria. In questo modo vi fate due vasi. La pressione che soffre quella parete di sotto in sopra, se voi segnate con B il contenuto delle superficie o l'ampiezza, e con *h* la sua altezza, pv è $B.h$; ma nel caso che voi prendiate *ab* per lo specchio del liquido nel vaso più largo, e h^1 per l'altezza *am* è Bh^1. Ora figuratevi di nuovo tolta la parete divisoria, ne viene che quello strato d'acqua, ch'entra al suo posto, è premuto dall'un lato con la forze B,h, e dall'altro con la forza B,h^1. — Da ciò segue: *l'equilibrio si stabilisce soltanto quando* $h=h^1$, o per esprimerlo in parole, *lo specchio del liquido nei due vasi è egualmente alto.*

Ai 3 esperimenti antecedenti ne aggiungo 2 altri. — Poichè io ho infuso argento vivo nei tubi insieme comunicanti *g h* (fig. 58) fino al piano orizzontale *g h*, io verso ancora una quantità d'acqua nel tubo *h*. Quello che avete principalmente ad osservare qui, si è che lo specchio dei due liquidi non sta egualmente alto, che anzi la piccola colonna d'argento vivo sopra *h* fa contrappeso alla gran colonna d'acqua sopra *g*. È chiaro che l'altezze dei liquidi determinano il rapporto della loro reciproca densità, e ci condu-

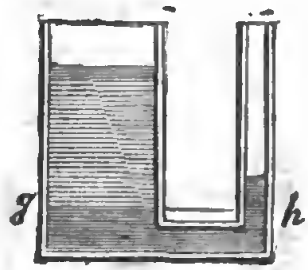


fig. 58

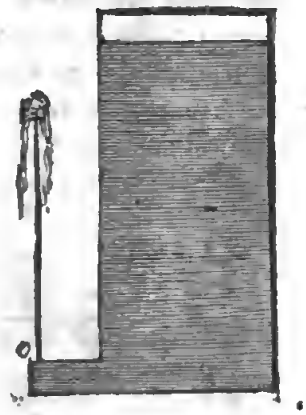


fig. 59

cono all' importante principio: *le altezze delle colonne sono in ragione inversa come i pesi specifici de' liquidi.* — Nel mio secondo tubo manca al tutto (guardate la fig. 59) una delle branche. E innanzi tratto per ovviare che l'acqua sfugga in *o* prima che mi piaccia, io chiudo l'apertura che vi si trova con una piastra piuttosto grave di metallo. — Allora soltanto io empio d'acqua il secondo vaso fino al sommo. — Da ultimo io tiro via di nuovo la piastra di metallo. Ed ecco! Noi siamo rallegrati da un bel getto d'acqua, che zampilla da *o*, e raggiunge quasi la sommità del vaso. — Quello che voi ancora osservate che il vaso cioè è ben 8 a 12 volte più largo dell'apertura è necessario alla riuscita dell'esperimento. La resistenza dell'aria, il non piccolo attrito alle pareti del vaso, ma specialmente quell'acqua che cade in basso, e impedisce la libera salita della susseguente quantità di liquido, sono le cause per cui il getto non arriva mai all'altezza della superficie dell' acqua. La sua maggiore altezza arriva all'incirca a 9/10 dell'altezza di pressione.

Se noi spezziamo facilmente una bottiglia che è piena fino alla sommità di vino, o acqua, in generale d' un liquido qualunque, eziandio con solo una leggiera percossa sul turacciolo; se in vi-

cinanza dei fiumi e torrenti, quando le parti integranti delle loro rive concedono il passaggio, si trova necessariamente acqua sotterranea e veramente ad altezza eguale con la propria acqua del fiume e del torrente; se un battello, lasciato andar giù in una ragguardevole profondità, all'ultimo, quando cioè tutti i pori sono pieni d'acqua, e n'ha perduto tutta la sua prima levità, non può mai più servire a dovere; se ognuno nell'empiere un alto vaso di un fluido assai grave, deve ben riflettere se le parti inferiori delle pareti laterali posseggano la forza necessaria per resistere alla forte pressione; se l'azione dell'acqua sulle cateratte, nel caso che non possa penetrare sotto di esse, è assai pregiudicevole ecc., tutti questi fatti non possono far meraviglia a nessuno che abbia acquistato precisa contezza della pressione dell'acqua sul fondo o sulle pareti laterali dei vasi.

§. 5.

Macchine di speciale importanza che si fondano sulla pressione dell'acqua.

a) *Il livello idraulico.*

Il livello idraulico non è meno semplice del livello o piombino di cui si servono, com'è noto, muratori, vasai, operai costrut-

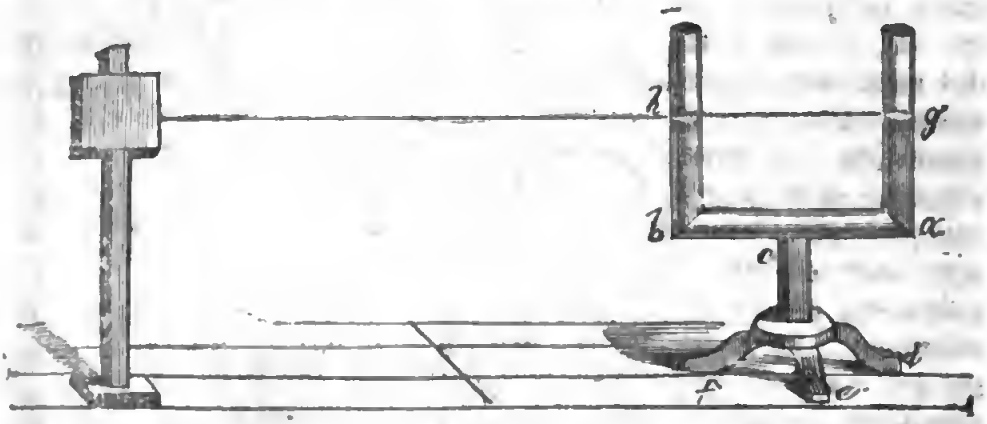


fig. 60

tori e simili. Il livello idraulico consta di un tubo di latta dritto, *a b* (fig. 60), che ordinariamente posa orizzontalmente sopra un piedestallo *cdef*, e alle due sue estremità *a* e *b* porta due altri tubi di vetro, fissati verticalmente. Avuto riguardo che in tutti i

vasi messi in comunicazione insieme i liquidi tendono a conservare costantemente una superficie egualmente alta, noi dovremo solo, per aggiungere ad una linea orizzontale, infondere nelle canne dell'acqua, o anche meglio, dello spirito di vino colorato, e connettere insieme mediante una linea retta le superficie fluide de' due tubi di vetro.

Il fisico si serve le più volte del livello per collocare orizzontalmente le superficie de' suoi instrumenti; ma il geometra, a cui fa assai maggior prova, investiga per suo mezzo principalmente a che altezza sia l'uno de' due punti distanti sopra o sotto il piano orizzontale prolungato dell'altro. La distanza verticale dei due punti noi la diciamo la *pendenza*, il *declivio*. — Noi abbiamo del resto il livello, che per notarlo di passo, principalmente nello stabilimento di un mulino ad acqua, è assai importante di munire d'un buon cannocchiale, quando i due punti da osservarsi stanno troppo lontani l'uno dall'altro. — Non v'imaginaste però che il livellamento sia sempre un affar facile! anzi noi vi troviamo non di rado ostacoli appena superabili.

b) *Il sifone anatomico.*

Il sifone anatomico consta di un vaso tondo, *fdce* (fig. 61), e d'un tubo di latta *ab* lungo forse 2 piedi; sopra la larga apertura di quel pezzo principale sta tesa inoltre una vescica fresca; gli spazii rinchiusi del tubo e del vaso sono finalmente posti in reciproca comunicazione. Quando si fanno sperimenti col descritto instrumento, s'infonde acqua nel tubo finch'essa rimanga ferma al tubo superiore *a*. — Supponendo ch'io avessi infuso acqua in tal sifone nel modo indicato: « che mutamento voi osservereste in esso? » questo principalmente, *che la vescica non sta più sul vaso orizzontalmente, ma s'è dilatata a forma d'un emisfero.* Appunto in questa dilatazione si appalesa l' utilità del sifone anatomico. — Volendo sapere al meglio possibile come son fatte le diverse particelle di una pelle, o di qualsivoglia altro corpo, noi non abbiamo a far altro che tendere l'oggetto da esaminarsi sopra il vaso *fdce*, e munir poi il tubo di latta *ab* dell'acqua necessaria.

fig. 61

La pressione della quale parliamo si dimostra anche in un modo più bello. — Dopo aver empiuto il tubo

secondo il prescritto, fate nella vescica una quantità di piccoli buchi, e voi avrete il piacere di vedere salir l'acqua quasi fino alla sommità dell'instrumento.

c) *Il mantice idrostatico.*

Nella figura qui annessa, *cd* ed *ef* rappresentano due piastre di legno o di latta, che hanno 1 a 2 piedi quadrati di superficie, e sono insieme congiunte per mezzo di una larga e impermeabile striscia di cuoio. Questa striscia è qui principalmente importante: perchè essa sola rende possibile, che la piastra superiore, al tutto come in un mantice comune, ora sia sollevata, ora calata di nuovo sull'altra piastra. — Sotto *a b* figuratevi inoltre un tubo stretto, lungo 5 in 6 piedi, fissato sopra una lastra, e connesso con lo spazio interiore dello speciale apparato! Empiete ora, come nel sifone anatomico, il tubo *a b* di acqua; voi scorgerete con maraviglia, che la piastra superiore è levata in alto anche quando voi la caricate di tre pesi d'un quintale l'uno (la figura indica ancora questo) o vi fate star sopra due uomini.

fig. 62

La macchina a colonne d'acqua trovata a Chemnitz in Ungheria dal fontaniere in capo Hall è uno instrumento, che è messo in moto da quella pressione d'acqua e comunica questo movimento ad altre macchine, per esempio alle trombe aspiranti.

Qualmente il mantice idrostatico e il sifone anatomico (quest' ultimo è un trovato del matematico Wolf) possano anche servire a calcolare la gravezza della pressione dell'acqua, essendo chiaro per se stesso, non abbisogna di alcuna spiegazione.

d) *La fontana idrostatica.*

È tutt'altro che difficile l'erigere fontane nei giardini, nelle piazze pubbliche, quando non ne manchi l'occasione. — Figuratevi sopra un'altezza una sorgente, la cui acqua è raccolta da

un ricettacolo, e condotta per via d'un tubo ad un luogo più basso! Figuratevi inoltre ch'essa, giunta all'estremità di quel tubo, deve salire in un tubo incomparabilmente più corto, diritto, e aprentesi in un piccolo buco! Ma voi conoscete abbastanza come si ergano le *fontane idrostatiche*, che non devono essere scambiate con altre fontane, che zampillano per la gagliarda pressione d'uno stantuffo, o anche per l'elasticità dell'aria fortemente condensata.

e) *Il torchio idraulico.*

Il torchio idraulico è una macchina, che nei tempi moderni viene in uso in moltissimi lavori, e la cui principale proprietà consiste nell'esercitare una gran pressione ad una piccola distanza. I suoi due principali pezzi sono una *tromba aspirante*, ed un *grosso cilindro di ferro*; la *prima* opera la pressione che si ri-

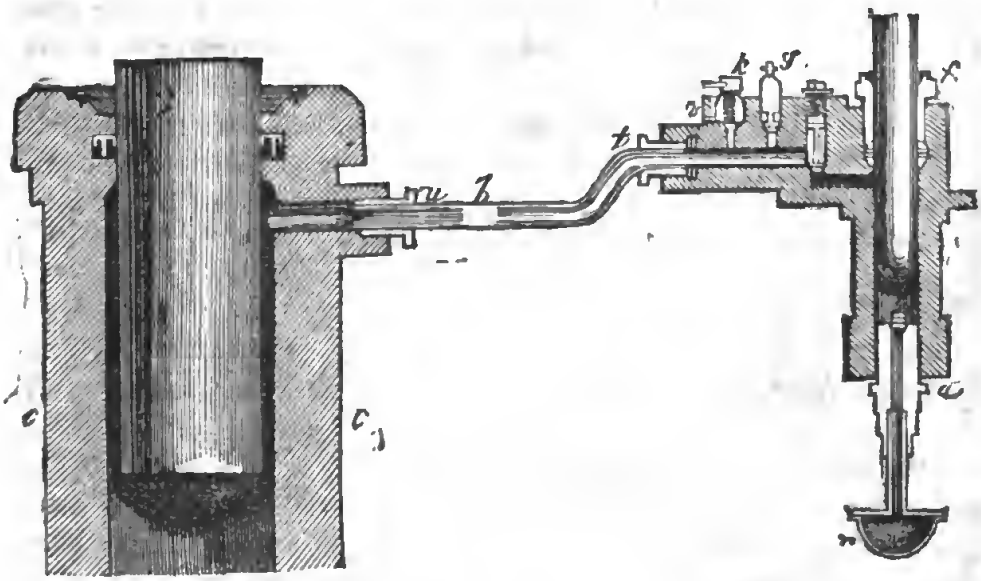


fig. 63

chiede; il *secondo*, *che è munito di uno stantuffo* metallico, la riceve e comunica agli oggetti da soppressare. — Guardate bene le figure 63, 64.

La figura 63 vi dà il profilo d'una sezione; la figura 64 il prospetto totale del torchio idraulico in piccole proporzioni. — Se levo in alto col pensiero lo stantuffo per mezzo della leva a un braccio *l*, subito io vedo entrare sotto di esso una quantità d'acqua, che

viene dal serbatoio *b*, passa a traverso il vaglio *r*, ed apre l'animella *i*. Io calo di nuovo lo stantuffo *t*. L'acqua impedita di tornare nel serbatoio *b*, perchè l'animella *i* cede e s'apre per di sopra, ma non per di sotto, essendo di mano in mano premuta sempr

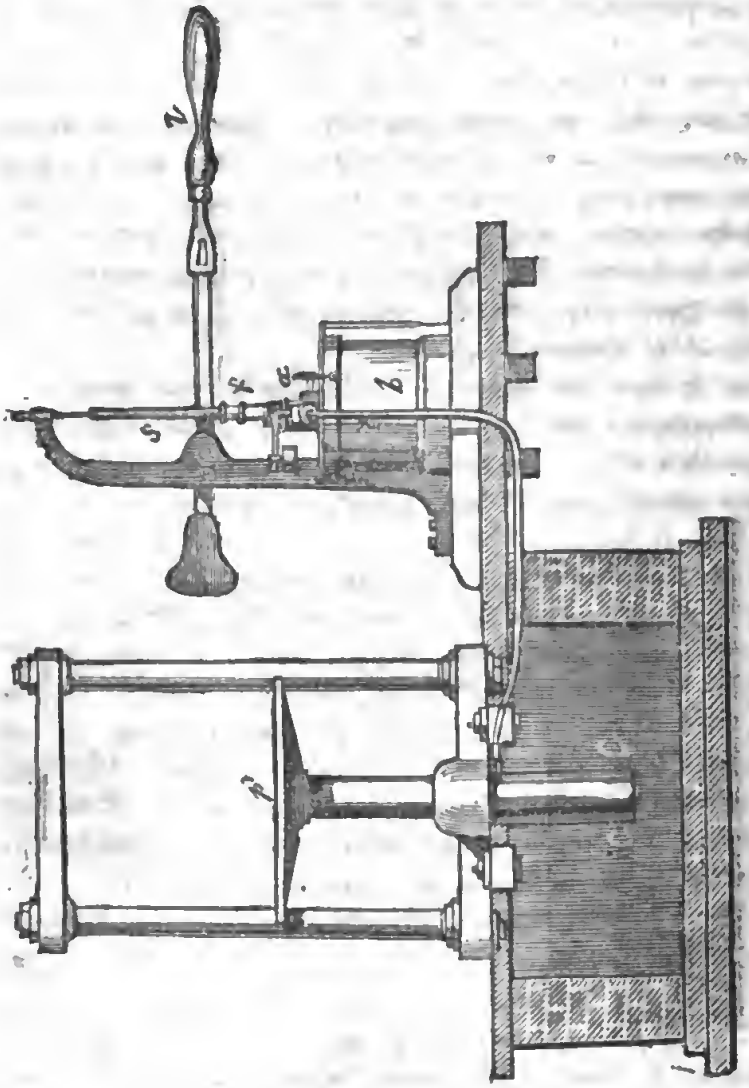


fig. 64

più forte deve cercar un'altra uscita. — La trova nella valvula *d*. Le mie figure vi mostrano inoltre, come, dopo alzato *d*, arriva nel tubo *tbu*, e per questo finalmente nel cilindro del torchio *ce*. Prima ch'io aspiri di nuovo, è da levare al possibile l'aria in *ec*. Il che io ottengo mediante una chiavetta convenientemente adattata. — Ora, poichè ad ogni aspirazione l'acqua viene fortemente compressa, esercita all'ultimo una tal pressione, che lo stantuffo *p* s'alza, e

leva il piano 2 p^1. — Non occorre aggiungere altro per convincervi come tutti gli oggetti, che si trovano tra i piani p^1 ed e^1 soffrono una pressione tanto più forte, quanto p^1 s'avvicina più a e. L'animella g porta il nome di valvula di sicurezza; si apre cioè quando la pressione ha raggiunto la quantità che non dev'essere passata.

Posto che la forza, la quale preme la leva l, sia 5 libbre, la sua distanza dal punto d'appoggio 30 pollici, la distanza della tromba aspirante dallo stesso punto 3 pollici senza più, la pressione esercitata nella tromba aspirante ascende a 500 libbre. Se noi supponiamo inoltre che il diametro dello stantuffo s formi solo la ventesima parte dell'altro stantuffo p, la pressione esercitata per p, poichè la sezione traversale è più grande di p 400 volte, viene a stare 400, 500 a 200000 libbre.

Da ultimo io vi mostro, che molti fenomeni naturali, che sono spesso ammirati come i più gran miracoli, sono solo effetto della pressione dell'acqua. Avviene talora che intieri tratti di paese con case, con alberi, con tutto in somma che si trovi sovr'essi sono svelti e portati via; o che laddove ieri ancora avevamo il lieto spettacolo di fruttiferi campi, e di fiorenti praterie non ci occorra, come per incanto, che un profondo lago. « Ma come avviene? » Non di rado nell'interno dei monti, canali o condotti d'acqua penetrano ad una ragguardevole profondità, e si raccolgono infine in una caverna o fossa. — Quivi l'acqua s'aduna, e col tempo produce una terribile frana che distrugge bestie ed uomini. E se dal piano superiore di un mantice idrostatico, strumento a proporzione sì piccolo, sale in alto con 3 in 4 pesi di un quintale l'uno, come un serbatoio d'acqua tanto più grande non avrebbe egli la forza di distruggere, o per lo meno di far traballare tutto quello che si trova sopra di esso?

§. 6.

Dell'equilibrio dei corpi immersi nell'acqua.

Per potere istituire nuovi esperimenti, io ho oggi portato meco la mia Libra, ed inoltre ancora una quantità di altri corpi, eguali tra loro di grandezza, non già di materia. Quello che voi avete ad osservare primamente in essi, è la circostanza che m'è facile di appenderli per mezzo di uno speciale meccanismo al gancio del piano inferiore di *un* piatto della bilancia. Tutto questo vi mostra

la figura 67. — Io ora attacco al gancio uno de' miei cubi, per esempio, quello di piombo, e poi gravo l'altro piatto di tanti pesi quanti bisognano a ristabilire la posizione orizzontale del braccio della bilancia. — Da ultimo io pongo la mia bilancia, senza tuttavia rimuovere la menoma cosa da lei, in un tal luogo, dove il cilindro di piombo, ma questo solo, viene a stare totalmente sotto l'acqua. Notevole è che il cilindro viene per questo modo a perdere di gravità. — Lo stesso fenomeno ci presenta ogni altro corpo posto similmente sotto acqua. — Quanto facilmente per esempio si alza la secchia di un pozzo a ruota, finchè sta sotto la superficie dell'acqua; ed all'incontro quanto pesa quando è fuori dell'acqua! Per sperimentare infine a quanto ascenda la perdita del mio cilindro di piombo, io non devo far altro che togliere dall' altro piatto tanti pesi quanti occorrono a ristabilire l'equilibrio. — La perdita ascende a 1 *loth* 2|9, e agguaglia pertanto il peso di *un* pollice cubo d'acqua pura Ora, poichè il mio cilindro di piombo è esattamente della superficie di un pollice cubo, pare che *un corpo tuffato nell'acqua, perda tanto del suo peso, quanto pesa l'acqua che sposta.* — E così è di fatti.

Ogni pressione sulla parete laterale di quel prisma, che voi qui vedete calato sott'acqua (fig. 68) è distrutta da una pressione eguale, ma opposta, onde noi non ne teniamo più conto. La pressione poi, subìta dalla superficie del prisma, è determinata da quella colonna d'acqua che ha una base eguale ad essa, e *h* per altezza. Come questo v'è noto per le mie prime spiegazioni, così anche la base del prisma è spinta dal basso all'alto con una forza (noi chiamiamo questa pressione ordinariamente la spinta in su) che è eguale al peso di una colonna d'acqua della stessa base e dell'altezza di h^1. La differenza tra *h* e h^1 indica esattamente l'altezza del prisma. Onde è chiaro CHE LA PRESSIONE *sul piano superiore è superata dalla pressione sul piano inferiore dal peso di una colonna di liquido, la cui periferia coincide perfettamente col volume del prisma.*—Ora è appunto questo eccesso di pressione di sotto in sopra, che si contrappone alla gravità del corpo stesso; *per conseguenza questo corpo sommerso nell'acqua o in qualsivoglia altro liquido, deve perdere tanto del suo peso, quanto è grave il liquido ch'esso sposta.*

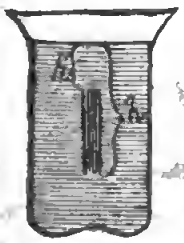


fig. 65

Nello stesso modo che si comporta con un prisma solo, si comporta pure con 2, 3 e più corpi simili, che noi abbiamo raccolti in un fascio, come mostra la figura 66. Ora, poichè ciascun pri-

sma, tuffato da se solo in un liquido, perde esattamente tanto del suo peso, quanto pesa un corpo d'acqua della sua stessa grandezza, è chiaro che la gravezza di tutto il fascio deve diminuire del peso d'una quantità d'acqua, la cui circonferenza è eguale al volume di tutti i prismi presi insieme. Considerate in ultimo che noi ci possiamo figurare ogni corpo chiuso in una quantità di tai prismi verticali, che veramente le più volte riusciranno assai piccoli; così al certo non resta altro che sia necessario dilucidarvi.

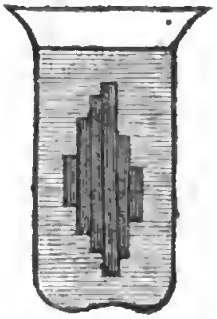


fig. 66

Il seguente ingegnoso esperimento dà la prova più luminosa del *principio* detto *d'Archimede* (dal suo famoso inventore di Siracusa) principio di cui già si è parlato due volte.

Ecco qua due cilindri; uno più grande, incavato, d'ottone; poi un altro più piccolo, non perforato, ma fatto di metallo, talmente disposto che empie a capello la cavità di quel cilindro. —

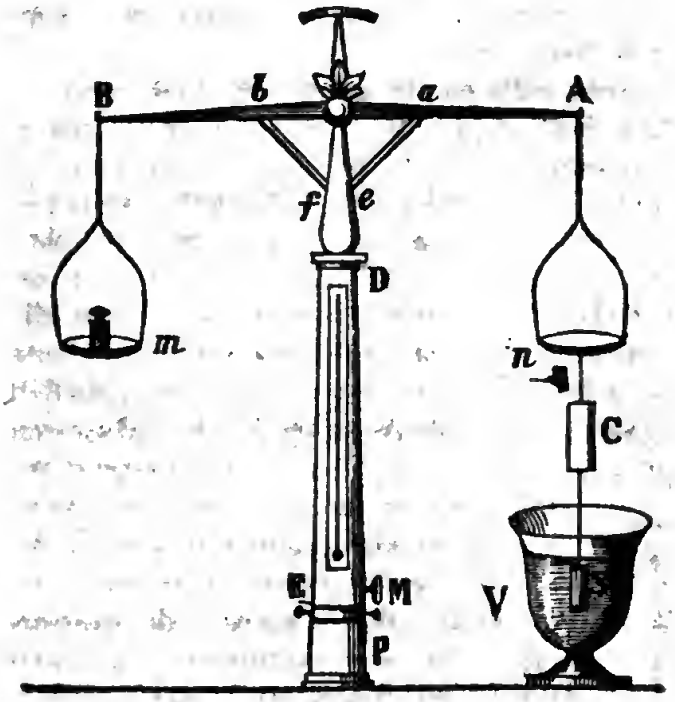


fig. 67

La figura 69 ve gl'indica alle lettere C e S. Ora io fisso il cilindro cavo C al gancio dell'*uno* dei piatti della mia bilancia a due bracci, attacco ad esso il cilindro non incavato S, pongo sull'altro piatto tanti pesi, quanti bisognano a riportare il braccio della bilancia

nella posizione orizzontale, e sommergo da ultimo nell'acqua, nel modo indicato, il cilindro non incavato. — Ma invece di levare ora dall'altro piatto alcuni pesi, come in uno dei miei primi esperimenti, io empio d'acqua fino all'orlo con molta precauzione il cilindro d'ottone per ristabilire il peso perduto, ed ho così il piacere di vedere il braccio della bilancia tornare grado grado al suo stato orizzontale originario. — « V'ha egli una dimostrazione più bella del principio ora in discorso? » Non dimenticate mai, che il volume dell'acqua, che il cilindro cavo ha ricevuto, è eguale perfettamente al volume del cilindro non cavo!

Il corpo, che io vi presento, è veramente omogeneo, vale a dire di egual natura in tutte le sue parti; composto di due materie diverse, cioè di una parte in peso di cinabro sottilmente polverizzato, e 226 parti in peso di cera bianca. — Tuffato nell'acqua si mantiene a galla, ed anche in equilibrio in qualsivoglia posizione (il suo peso è uguale cioè al peso di un corpo d'acqua perfettamente eguale); tuffato nello spirito di vino, va al fondo del vaso; messo in una soluzione salina, si solleva in alto, e nuota alla superficie. — Io ho qui inoltre una palla *lpn*, che consta di due materie diverse; l' una parte *lsn* è di sughero, l' altra *spn*, di piombo — in peso è eguale a quel corpo d'acqua, ch'ella sposta. — Ponendo ora, come nella fig. 68 *a*, il suo centro di gravità *g* col centro di gravità dell'acqua spostata *c* nella stessa linea verti-

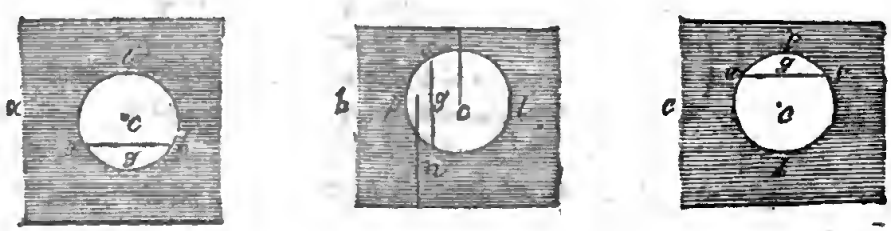


fig. 68

cale, e in pari tempo sotto questa, ne viene ch'ella non solo si trova in equilibrio, ma conserva anche invariabilmente la sua posizione. Rispetto all'ultima circostanza noi chiamiamo il suo equilibrio *stabile*. — Ma trasportata nella posizione della fig. 68 *c*, in *g* sopra *c*, sta con questa nella stessa linea verticale, ma sebbene il suo equilibrio non sia stato turbato, non rimane certamente nello stesso luogo; vale a dire il suo equilibrio ha cessato di essere stabile. — Se noi la mettiamo finalmente nella posizione che io vi ho indicata nella fig. 68 *b*, ella comincia a girare, e torna solo in quiete quando *g* è venuto a stare verticalmente sotto *c*. —

Queste considerazioni ci conducono quasi involontariamente al galleggiamento dei corpi, sopra il quale io ora debbo darvi le notizie necessarie.

L'esperienza insegna che i corpi, sebbene sommersi assai profondamente sotto l'acqua, tuttavia non galleggiano dovunque si voglia. Se voi volete conoscere la principal causa di questo fenomeno, ponete mente 1) *al punto, nel quale voi potete rappresentarvi il peso totale del corpo sommerso, per tanto al suo centro di gravità; e* 2) *al punto omonimo della quantità d'acqua ch'ogni corpo galleggiante caccia dal suo posto.* — Il primo punto permane sempre, come è noto, nello stesso luogo; il secondo all'incontro dipende, rispetto al suo posto, dalle alterazioni che avvengono in quanto alla posizione e alla figura della parte immersa. — Se il centro di gravità di qualsivoglia corpo sta verticalmente sotto il centro di gravità dell'acqua spostata, galleggia innanzi così sicuro quanto mai può essere; la miglior prova ne somministra ogni naviglio equabilmente carico. Se i due punti all'incontro non si trovano in una medesima linea verticale, o galleggia assai mal sicuro, o non riesce così alla prima a star a galla. — Tutto quello che ci resta ad osservare sull'equilibrio dei corpi immersi nei liquidi, io lo raccolgo nei seguenti 6 punti.

1. Un corpo s'immerge sempre sol tanto, finchè il liquido, cacciato dalla parte sommersa, sia eguale al peso di tutto il corpo. — Allora solo cioè la pressione di basso in alto è distrutta dalla pressione d'alto in basso. Chi pertanto ha imparato a conoscere 1) la grandezza della parte del corpo immerso, e 2) il peso di un piede cubo di quel liquido, nel quale quella si trova, non può trovare nessuna difficoltà nel problema: *calcolare il peso di un corpo galleggiante.*

2. I pesci ed i cetacei sembrano essere in equilibrio nel loro elemento, perchè nè piomban a fondo, nè son spinti al disopra. — Onde per conseguenza il loro peso è eguale al peso dell'acqua spostata. — La vescica, di cui si servono i pesci per ora salire in alto, ora scendere al fondo, sebbene ella abbia preso una diversa figura nelle diverse specie, è pure situata sempre in modo che le parti superiori del corpo sono più leggiere. Ed inoltre secondo che i muscoli da cui è circondata agiscono più debolmente o più fortemente sopra di lei s'accresce o diminuisce il suo volume.

3. In sequela di quegli esperimenti, che un certo Robertson istituì in Inghilterra, di dieci uomini che entrarono in una bagnaruola, ch'egli avea riempiuta d'acqua previamente fino all'apertura di sgorgo, l'uno solo era un poco più pesante, ciascun altro al contrario più leggiero di una quantità uguale di liquido che lo attorniava. — Questi risultati c'indicano:

a) Che nei bagni e nelle altre cose che si fanno in acqua, una quantità incomparabilmente minore d'uomini annegherebbe, se tutti restassero in sè nell'istante del pericolo, vale a dire nè ingoiassero acqua, nè stendessero le loro braccia per aiuto sopra la superficie dell'acqua. Queste cattive abitudini sono quelle che arrecano loro ordinariamente rovina e morte. Se voi veniste mai in pericolo d'annegare, tirate il capo un poco all'indietro, tanto che il naso occupi il più alto punto; cercate di allargare al possibile il petto e le gote, mettete i piedi quasi nella stessa posizione che hanno nel salire le scale, mettete le braccia sotto, allargatele, e non vi pregiudicate con nessun mezzo di salvamento usato nell'ansia del pericolo. — Quel marinaio caduto in mare, che, come racconta Nicholson, non poteva nuotare, e a cui non fu potuto inviar soccorso che dopo un certo tempo, fu salvato solo perchè seguì puntualmente l'ordine di tener le mani diligentemente sott'acqua. « Non sapete voi anche perchè nelle improvvise inondazioni non di rado i fanciulli sono spinti vivi alla riva, mentre gli adulti, che fanno il possibile per salvarsi, quasi sempre muoiono? »

b) Che non occorre che una forza di poco momento per condurre un uomo alla superficie dell'acqua; perchè dal bel principio di Archimede sopra l'equilibrio dei corpi immersi risulta, che il salvante non deve fare che togliere la differenza che è tra il peso di chi s'annega e una quantità eguale di acqua. Ma questa differenza è estremamente piccola, ed arriva talora appena a una libbra. — Non vi faccia dunque maraviglia se un can barbone tira a galla un uomo caduto nell'acqua, e nuota insieme con lui, senza grande sforzo, fino alla riva.

c) Che un annegato, se non lo rattiene un sasso o qualsiasi altro corpo, torna a galla da se stesso dopo alcuni giorni. — Il superstizioso, come è noto, ascrive a miracolo anche questo fenomeno, e attribuisce all'acqua forze nemiche o ripulsive d'ogni specie. E pure la vera causa è così a mano. — Il corpo di un annegato cresce tanto più di circonferenza, quanto più egli è enfiato dalla putrefazione che sopravviene subito dopo la morte e s'empie in parte di gas.

Digitized by Google

4. Vi sono corpi che galleggiano costantemente in ogni posizione. Tra essi è da numerare principalmente la sfera. Se *una* delle due basi o delle quattro superficie laterali è orizzontale, possiamo computarvi anche il cubo. Nei due corpi geometrici si trova il centro di gravità precisamente nel mezzo, se però sono composti d'una materia omogenea.

5. Non è necessario che la materia di cui è composto un corpo, sia più leggiera in sè, che quel liquido, sul quale dee galleggiare; perchè il punto sta solo sempre in questo, ch'esso possegga una gravità minore che l'acqua, l'olio, lo spirito di vino, che sono da esso spostati. — Sopra questo principio si fonda, per es., l'uso dei pontoni di rame, che quando si sono posti sopra travi ed assi formano ponti di barche, e servono pertanto a trasportare sopra fiumi e torrenti cannoni, carri di bagaglio, ecc. Qui appartiene anche la così detta stazatura dei navigli. — A voler determinare il peso, di cui è capace un tal naviglio, si calcola la capacità cubica di quello spazio ch'è limitato dalla sezione traversale, fin a cui il naviglio vuoto s' immerge, e dall' altra, fin dove il naviglio carico può al massimo immergersi. — Fate per esempio che quello spazio sia di 5000 piedi cubici, il carico ordinario è di 5000 libbre, o di 3000 quintali.

6. I corpi più gravi possono ridursi a galleggiare congiungendoli coi più leggieri, quando cioè l'acqua che essi spostano insieme, pesa più che non importa il loro peso totale (figuratevi un uomo che abbia indossato un vestimento di sughero!)

Se i navigli nei fiumi non stanno tanto a galla quanto in mare; se non bisognano che pochi uomini per tirare un battello carico contro la corrente; se anche un vento moderato spinge innanzi navigli assai grandi; se i pescatori che hanno fatto una buona preda, raccolgon la rete, prima senza cura, ma poi quando la preda cioè è visibile con gran cautela; se dove i fiumi sboccano in mare, gli strati superiori son d'acqua dolce; gl'inferiori d'acqua salata; se un corpo affondato nell'acqua torna agevolmente in alto, quando noi gli mettiamo sotto delle botti vuote, tutti questi ed anche molti altri fenomeni voi potete spiegarvi ora che sapete la perdita che un corpo soffre nel suo peso in qualunque liquido.

Digitized by Google

§. 7.

Del peso specifico dei vari corpi.

Prima che io oggi cominci a fare sperimenti, vi espongo i seguenti principii :

1. *È costume di prendere per unità il peso di un dato corpo, e poi esprimere in cifre quante volte sia così pesante un'altra materia di eguale volume.* — A tale unità uomini scienziati hanno eletto con universale assenso il peso dell' acqua pura a 15 gradi di calore, secondo la scala ottantigrada. Ora, sapendo p. e. che 1 pollice cubo di questo liquido pesa 1 loth 2|9, e 1 pollice cubo di piombo pesa quasi 14 loth, è evidente che per trovare quella cifra pel piombo, non devo far altro che calcolare quante volte 1 2|9 è contenuto in 14. Io ho in approssimazione la cifra 11. Ora cercate voi stessi quali cifre siano da assegnare al rame, al ferro, e al legno di bosso; se un pollice cubo di rame pesa circa 10 loth 1|2, 1 pollice cubo di ferro circa 9 1|2, e 1 pollice cubo di bosso qualcosa più che 1 loth! « Risposta: in approssimazione le cifre 8, 8 2|3 e 9|11 ».

2. *Il peso, che indica la pressione, che un corpo esercita sopra il suo sostegno, e scema ed aumenta con le quantità della massa, si chiama* ASSOLUTO—*l'altro all'incontro, che ci dice, in qual rapporto quello stia alla gravezza di una quantità d'acqua egualmente grande, chiamasi peso* SPECIFICO.— Or bene, che significano le espressioni: « il peso specifico dell'oro è 19, dell'argento 10 1|2, del fosforo 1 4|5 ecc.? » Sebbene noi per mezzo di una bilancia comune possiamo trovare il peso specifico dei corpi, pure è sempre raccomandabile *di servirsi* in quest'operazione *della* così detta *bilancia idrostatica*. L'inglese *Nicholson* la inventò al principio del presente secolo. Essendo destinata ad essere le più volte immersa in acqua distillata, si suole costruire quasi sempre di latta di ferro verniciata.—La sua parte superiore *b* (fig. 69) rappresenta una piccola tazza o scodella, e posa sopra una verga d'ottone sottile, diritta e cilindrica; in cui viene inoltre contros-

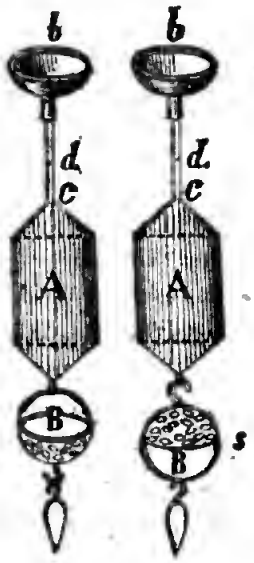


fig. 69

segnato un punto *d*, in qualsiasi modo, comunemente con una riga fatta con la lima. La maggior parte dell'ingegnosissimo instrumento consta del corpo cavo A, del peso sotto B, e d'un piccolo bacino B che si trova sotto AA: *v* serve a rendere la bilancia più leggiera che una quantità d'acqua eguale a lei; ed il peso ch'è comunemente una palla di vetro o di metallo piena d'argento vivo, serve a far scendere quanto è possibile al basso il suo centro di gravità; cotalchè essa, immersa nell'acqua, nuota diritta; finalmente la bacinella B viene ad accogliere pel suo pesamento sott'acqua quel corpo, del quale noi abbiamo a cercare il peso specifico. — Tutto l'instrumento, seppure non è caricato di nessun peso sulla piccola tazza *b*, s'affonda al più fino alla metà del corpo A. — Io sopra l'ho chiamato un istrumento raccomandabile; ma non ne dà per nessun conto risultati così esatti come una bilancia comune, un piatto della quale è sospeso ai cordoni più corti, e sotto è munito d'un gancio, per attaccarvi ogni specie di corpi mediante un sottil filo metallico. — Sciogliete ora i seguenti problemi!

PROBLEMA PRIMO. — *Determinare il peso specifico d'un corpo solido, che non assorbe punto acqua, è più grave di questo liquido, e non si scioglie in esso.*

Soluzione. Ecco qua un piccolo ciottolo. Per trovare il suo peso specifico, io esamino prima, quanti pesi devono essere posti sulla tazzetta *b*, perchè il mio instrumento posto nell'acqua distillata alla temperatura +15 gradi Réaumur s'affondi fino al segno *d*. Ci vogliono p. e. 5 loth. Dipoi io metto il ciottolo in vece di quei pesi (*). Posto adunque ch'io debba aggiungere due altri loth a questo corpo, per affondare l'instrumento per la seconda volta fino al segno *d*; egli peserebbe nell'aria 5—2=3 loth. Poi io gli assegno il suo posto in B, nella bacinella. Ora se l'instrumento, non ostante che i 2 loth sian rimasti sopra la tazzetta, subito sale alquanto, è un effetto di quella perdita del suo peso assoluto che il ciottolo ha subito nell'acqua. Da ultimo io cerco questa perdita, mentre io continuo a porre pesi sulla tazzetta, finchè la superficie dell'acqua tocchi di nuovo il legno. Ora in quei pesi, che io voglio qui supporre =1 loth, io ho trovato la perdita, e il peso d'una massa d'acqua il cui volume coincide esattamente con la circon-

(*) S'intende bene da sè che ogni corpo, di cui si cerca il peso specifico per mezzo della bilancia di NICHOLSON, dev'essere al più tanto grave, che l'instrumento, quando ne sia caricato sulla tazzetta, s'immerga nell'acqua fino al segno.

ferenza del ciottolo. — Il peso di quest'ultimo corpo all'aria libera, comparato con la grandezza della sua perdita nell'acqua, mi fa evidentemente conoscere il suo peso specifico. Ma 1 loth e 1|2 è contenuto 2 volte in 3 loth. — Onde rispetto a' miei presupposti la cifra 2 contrassegna il peso proprio del ciottolo.

SECONDO PROBLEMA. — *Trovare il peso specifico di un corpo solido, che assorbe bene l'acqua, ma che pure non è più pesante di lei, e che in lei non si scioglie.*

Soluzione. Avendosi un corpo solido di tal natura, io lo peso nell'aria 2 volte: la prima volta nel suo stato naturale; la seconda quando io l'abbia tanto tenuto sommerso, finchè non assorba più acqua. Il suo primo peso sia 3 loth e 1|2; il secondo 5 loth. È chiaro che il loth e 1|2, differenza dei due pesi, appartiene all'acqua che vi è penetrata. Ora io lo colloco nella nota bacinella, e lo peso la terza volta. — La perdita del peso sia 2 loth. — La cifra, che io ottengo, quando divido 3 1|2 per 2, vale a dire 7|4 è 1,75, m'indica quanto sia grosso il volume esterno del corpo di cui si parla; ma io trovo il suo vero peso specifico quando sottraggo 1 loth e 1|2 o il peso dell'acqua assorbita, da 2 loth, dalla supposta perdita di peso, e con 1|2 resto ottenuto, divido 3 1|2. 1|2 sta in 3 1|2 sette volte precisamente. Così io so che il peso specifico della materia impenetrabile del suo corpo ascende a 7.

PROBLEMA TERZO. — *Trovare il peso specifico d'un corpo solido, che non assorbe acqua, non si scioglie in essa, ma è più leggiero di lei.*

Soluzione. Se io posseggo la bilancia idrostatica di Nicholson, io pervengo allo scopo per la stessa via battuta nella soluzione del primo problema. Ma io debbo procedere affatto diversamente, quando non ho a mia posta che una bilancia ordinaria. — In questo caso i miei assunti sono i seguenti: 1) io cerco quanto pesi il corpo nell'aria libera (sia p. e. un pezzettino di legno di pino rosso; 2) io fo lo stesso con un altro corpo, ch'eccede di molto il peso di una massa d'acqua egualmente grande (a ciò può servire una lamina di piombo); 3) io cerco la perdita di peso che subiscono nell'acqua *a*) i due corpi insieme (la lamina di piombo si pone sul pezzettino di legno, affinchè questo non possa salire in alto) e *b*) la lamina sola di piombo; 4) io sottraggo, per conoscere la perdita di peso del pezzettino di legno, la quantità della seconda perdita di peso dalla quantità della prima; finalmente 5)

divido il numero, che mi dà il peso assoluto del mio pezzettino di legno, pel resto ottenuto nella mia prima operazione. Il quoziente m'indica evidentemente il peso specifico del corpo principale. Presupposto che la mia prima operazione avesse condotto a 1 loth e 1|8, e la mia quarta operazione a 2 loth, il peso specifico del legno di pino rosso sarebbe =1 1|8 : 2=9 : 16=0,5625.

Problema quarto. — *Determinare il peso specifico d' un liquido.*

Soluzione. Il primo di questi due vasi è pieno d' acqua distillata; il secondo di spirito di vino assoluto. — Richiesto di determinare il peso specifico dell'ultimo liquido, io non devo far altro che 1) ricercare quanto un corpo solido perda del suo peso così in esso come anche nell'acqua; e 2) chiedere la cifra che m'indica la prima perdita di peso per l'altra che accenna come si sa la perdita di peso del corpo solido. Supponendo che il peso assoluto del mio corpo solido scemi nello spirito di vino di 1 loth e 1|3; nell'acqua di 1 loth e 2|3, il peso specifico di quel liquido sarebbe =1 1|3 : 1 2|3=4|3 : 5|3=4 : 5, 4|51 =08. Non volendo procedere nel modo ora spiegato, io cerco quanto pesi un vaso di vetro, che ha un orificio ben arrotato, e una lastra su questo della stessa materia: 1) quando è vuoto; 2) quando è pieno fino all'orlo d'acqua distillata; e 3) di quel liquido di cui debbo trovare il peso specifico. — Le ragioni del mio procedere sono chiare.

Problema quinto. — *Trovare il peso specifico di un corpo solido che si scioglie nell'acqua.*

Soluzione. Per arrivare a conoscere il peso specifico d'un tal corpo, p. e. del sale di Glauber, o solfato di soda, io prendo un liquido, che non lo scioglie. Poi cerco 1) il peso specifico del nuovo liquido, poniamo l'alcool; 2) il peso assoluto del mio corpo solubile nell' acqua; finalmente 3) il rapporto in cui i due corpi stanno l'uno verso l'altro, rispetto alla loro densità. Se io moltiplico infine il numero ultimamente trovato con quel primo, ch'accenna il peso specifico di quel liquido, che non intacca il mio corpo solido, io ottengo nel prodotto il peso specifico che si cerca. Sia il peso specifico dell'alcool =4|5,0=0,8; stia poi il sale di Glauber all'alcool, in quanto a densità, come 5 : 3; il peso specifico del sale di Glauber =5|3. 0,8=1, 66. 0,8=1,-328 circa:

Ma perchè talora è necessario di conoscere il peso specifico dei corpi, così aggiungo alle mie precedenti spiegazioni anche una

Tabella del peso specifico di alcuni corpi alla temperatura 0 gradi.

Platino monetato	22,100
Oro id.	19,325
Iridio	18,600
Tungsteno	17,600
Piombo fuso	11,352
Argento	10,474
Bismuto	9,822
Rame martellato	8,878
Arsenico	8,308
Ferro battuto	7,788
Stagno	7,291
Spato pesante (solfato di barite)	4,426
Diamante	3,520
Flintglas inglese	3,373
Cristallo o vetro di specchio	2,370
Marmo	2,837
Avorio	1,917
Fosforo	1,770
Ambra gialla	1,078
Legno di quercia (vecchio)	1,170
Legno di bosso (fresco)	0,982
Legno di tiglio (fresco)	0,817
Legno di pioppo (secco)	0,383
Sughero	0,240
Argento vivo	13,598
Bromo	2,966
Acido solforico inglese	1,848
Acqua marina	1,026
Vino del Reno	0,999
Olio di lino	0,953
Olio di papavero	0,929
Olio di olivo	0,913
Olio di trementina	0,872
Olio di cedro volatile	0,852
Alcool assoluto	0,795
Etere solforico	0,715

Digitized by Google

Sebbene noi possiamo determinare il peso specifico d'ogni liquido con l'aiuto della bilancia di *Nicholson*, ed anzi di una bilancia comune, tuttavia noi ci serviamo infinitamente più d'un altro instrumento, ove il processo è *più semplice*, e la via per giungere allo scopo *più breve*.

Porta il nome di *Areometro*, e consta ordinariamente (osservate la fig. 69 *bis*) di un tubo di vetro sottile, cilindrico *a*, ed ha alla sua estremità inferiore un recipiente pieno d'un poco di pallini di piombo e d'argento vivo, perchè il centro di gravità sia tratto ben giù a basso, e nuota diritto nell'acqua, spirito di vino e simili. Qualunque sia la special forma o meccanismo che possa avere, si fonda sempre sul principio esperimentale, *che un corpo posto in qualsivoglia liquido va tanto più a fondo, quanto è minore la densità di esso liquido.* — La seguente scala potrebbe esser forse la più semplice, e in pari tempo la più opportuna d'un areometro. Figuratevi in prima in un tale instrumento segnato il punto fino al quale egli si affonda nell'acqua distillata (si chiami *a*), poi adattate nella canna o tubo una striscia di carta, che colà dove è il punto dell' acqua *a*, contiene il numero 100; finalmente da questo punto, così verso l'alto come verso il basso, una quantità di divisioni così ordinate, che il volume di una parte del tubo tra ogni due di queste divisioni formi 1|100 del volume immerso nell'acqua! Un areometro con una tale scala è chiamato *volumetro*. Posto che s' affondi in qualsivoglia liquido fino alla linea divisoria 80 della scala del volumetro, io so che 80 parti del volume di questo liquido sono eguali in peso a 100 parti di volume d' acqua, e che per conseguenza il suo peso specifico ascende = 100|80 = 15|4 = 1,25. « Ma come peso specifico d' un altro liquido, nel quale il tubo immerge fino alla linea divisionaria 120? » — Il principio generale qui relativo suona così: *Noi troviamo il peso specifico di qualsivoglia liquido, se noi dividiamo per 100 il numero, fino al quale il volumetro s'affonda in esso.* Ora ponete mente ai seguenti due punti!

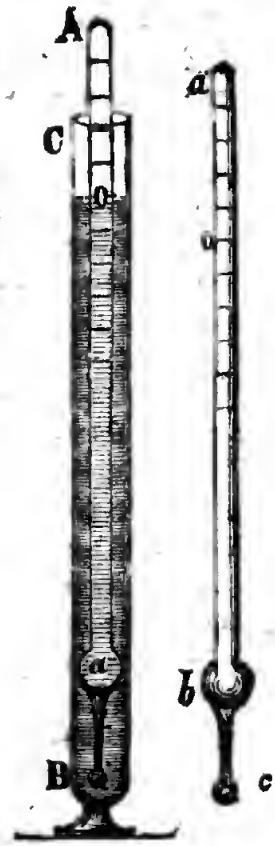


fig. 69 *bis*

1° *Quanto più lontane le linee divisorie stanno l'une dall'altre*, o come noi possiamo esprimerci, *quanto il tubo apparisce più sottile in paragone al volume di tutto il volumetro, tanto l'instrumento è più esatto.* — Tuttavia perchè il tubo non riceva una troppo grande lunghezza, i meccanici sogliono ora costrurre tali volumetri, che servono o solo pei liquidi più leggieri, o solo pei più pesanti, come l'acqua. Nei primi volumetri il punto d'acqua segnato con 100 si trova presso all'estremità inferiore del tubo; negli ultimi all'incontro si trova presso all'estremità superiore.

2° *Per certe congiunture della vita pratica è assai importante di sapere con precisione quanto sia grande la contenenza di un liquido misto*, p. e. della birra, dell'acquavite, degli acidi, delle soluzioni di sali e simili *rispetto ad* UNO *de' loro componenti.* A questo ci rendono pure gli areometri importanti servigi. Ma poichè essi ricevono una speciale forma e scala per vari bisogni della vita, noi distinguiamo il pesabirra, il salinogrado, l'acidimetro, l'alcoolometro. Per farvene in qualche modo conoscere uno de' più importanti, cioè l'alcoolometro, io ne descrivo uno che serve a determinare quanto alcool si contenga in una mistura d'acqua e spirito di vino.

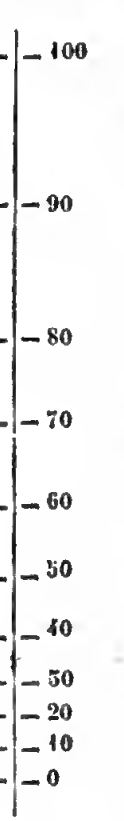


fig. 70

Figuratevi che un tubo di vetro della specie di quelli che hanno i volumetri, sia prima immerso in acqua distillata, e poi in alcool assoluto. In quel liquido si affondi fino a o (fig. 70), in questo fino a 100. Io ora preparo misture di 10 parti di alcool e 90 parti d'acqua, di 20 parti d' alcool e 80 parti d'acqua, ecc. fino a una di 90 parti d'alcool, e 10 parti d'acqua, e noto esattamente i punti fino a' quali in ciascuna di queste misture il tubo s'immerge; così io ottengo sulla scala i numeri 10, 20, 30 ecc. che è chiaro doversi segnare verso l'alto.

Precisamente allo stesso modo io potrei ora arrivare ai numeri 1, 2, 3 . . . . , 11, 12, 13 . . . . , 21, 22, 23 ecc. Ma io trovo la divisione troppo minuta, e divido tosto volontieri gli spazi tra ogni due linee divisorie in 10 parti eguali.

« Forsechè tale scala del mio instrumento non m' indica quanto per cento d' alcool si contenga in una mistura di alcool ed acqua? » — Chi considera che noi nelle misture che usiamo, nella costruzione della scala, dobbiamo tener d' occhio al peso o al volume dei liquidi, vede certamente, che noi ogni volta, quando è determinata la bontà

dello spirito, dobbiamo richiedere, quale alcoolometro è stato adoperato nell'esame del per cento. — Il nome greco *areometro* indica *un instrumento della sottilità*.

Per concludere quanto ho detto sopra al peso specifico, io pongo due altri problemi, e li sciolgo in pari tempo.

PROBLEMA PRIMO. — *Trovare il volume di un còrpo liquido qualunque per mezzo del pesamento sott'acqua.*

Soluzione. — Io cerco la gravità di un tal corpo, quand'è 1) sul piatto, e 2) nella piccola bacinella della piccola bilancia di Nicholson. La differenza dei due pesi determina la gravità di un corpo di acqua egualmente grande. Ora a 1 loth e 2|9 richiedendosi un pollice cubo d'acqua, è chiaro che io non debbo far altro che calcolare quante volte 11|9 si contengano in quel numero, che esprime in lothi la gravità dell'acqua scacciata. — Il quoziente non mostra solo, in pollici cubi, il volume del corpo liquido, ma anche quello del corpo solido. — Questa soluzione v'insegna altresì che la fisica non di rado ci presta servigi molto utili colà dove la geometria ci abbandona.

PROBLEMA SECONDO. — *Determinare allo stesso modo quanto di ciascuna delle diverse ma conosciute materie di cui un corpo solido è meccanicamente composto, egli contenga.*

Soluzione.— Per *solvere* questo problema, noi abbiamo bisogno, oltre il corpo composto, di due altri corpi, ciascuno de' quali è di peso eguale a quello, e l'uno è composto solo della prima, l'altro solo della seconda di quelle due materie. Quello che abbiamo ancora a fare si riduce a sapere la perdita che ciascuno dei tre corpi subisce nell'acqua.

Le regole del noto calcolo di mescolamento, insegnano finalmente il resto. Ma questo problema ricorda troppo un notevole aneddoto storico perchè io possa trattenermi dal raccontarnelo.

« Jerone di Siracusa, levato pe' suoi lodevoli portamenti alla dignità regale, diede il carico ad un artefice di fargli una corona, e gli diede perciò esattamente l'oro che a ciò bisognava. L'artefice gli portò la bell'opera al tempo posto. Jerone l'ammirò, trovò giusto il peso, e rimeritò l'artefice da principe. Ma essendo che dopo alcun tempo si bucinasse che l'artefice nel far la corona avesse sottratto dell'oro e posto in quella vece egual peso d'argento, il re richiese Archimede di scoprire in qualche modo l'in-

ganno senza disfar la corona. Il grande scienziato considerò il problema da tutti i versi; ma non trovava la soluzione.

« Or avvenne un giorno ai bagni, mentre egli mulinava sempre questo problema, ch'egli entrò in una bagneruola piena d'acqua fino all'orlo superiore, e notò che traboccava fuori appunto tant'acqua, quanta egli ne spostava. L'ho trovato! esclamò egli uscendo tosto dal bagno; corse tutto allegro a casa e sciolse con facilità il problema che da principio gli era paruto sì difficile, anzi quasi enimmatico.

« Ma come lo sciolse? Ora egli si procacciò prestamente due masse di egual peso che la corona, una massa d'oro, l'altra di argento. Dipoi egli riempiè tre volte d'acqua un vaso fino all'orificio superiore, v'immerse l'uno dietro l'altro il peso d'oro, il peso d'argento, e la corona, e ricercò ogni volta diligentemente il peso dell'acqua ch'era traboccata dall'orifizio del vaso ».

Supponiamo p. e. che la corona pesasse 18 libbre, e spostasse 1 libbra e 1|2 d'acqua, ne veniva se l'artefice non aveva commessa alcuna falsificazione, che 18 libbre d'oro immerse nell'acqua, dovessero perdere 1 libbra 1|3 del loro peso. Ma la perdita di questa massa ascendeva ad assai meno, vale a dire a non più di 1 libbra. — Se la corona fosse stata di argento schietto la perdita sarebbe aumentata di 1|6 per libbra, in tutto d'una libbra e mezzo. — Noi siamo ora andati tant'oltre nella soluzione del precedente problema, che ciascuno il quale conosca il calcolo delle misture, può venirne a capo, senza aiuto d'altrui.

La legge d'Archimede: *un corpo, immerso in un liquido perde tanto della sua gravità, quanto pesa la quantità di quel liquido ch'esso ha spostato*; vale ancora per i fluidi elastici, non meno che per i liquidi: la domanda: che pesa più, 1 libbra di piombo, o 1 libbra di piume? non è pertanto nè così sciocca, nè così arguta come altri s'immagina.

La considerazione dei globi areostatici ci riporterà nel processo dell'opera a parlar di nuovo della legge più volte toccata.

§. 8.

Della dilatabilità dell'acqua rispetto a certi altri corpi.

Quello che avviene ai piselli, fave, semenze di citrinoli e simili altri semi, quando, come è uso dire, sono rammolliti, non può esserci nuovo; conciossiachè in essi la forza dilatatrice dell'acqua

si palesa troppo possentemente, in grado quasi altrettanto elevato ci apparisce nel legno, nella carta, nell'osso di balena, nelle corde di minugie e nelle piante secche.

Per conoscerla perfettamente, non avete che a tendere crini asciutti, corde e simili tra due verghe fissate verticalmente, ed ella vi sarà assai manifesta, purchè abbiate prima immollato quei corpi o tenuti senza più nell'aria umida.

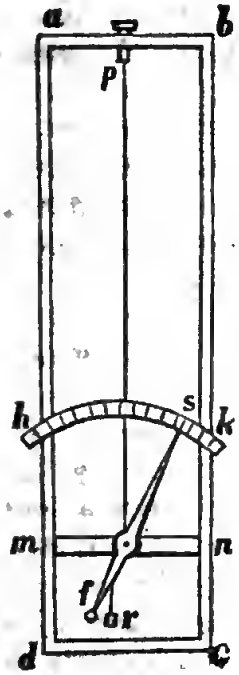


fig. 71

Un foglio asciutto di carta p. e. tenuto assai teso nel modo indicato passa da una superficie piana ad una curva, e vi dà egregiamente a conoscere il suo aumento in lunghezza. Ma a che conduce poi questa conoscenza? Moltissimi tra i corpi che attraggono assai notevolmente l'umidità dell'aria, o per meglio dire, condensano una parte del gas acqueo che si contiene in essa, si mettono a profitto in un così detto igrometro, o misuratore d'umidità.

Per darvi almeno un'idea chiara di uno di questi instrumenti, io ho tratteggiato con la possibile fedeltà sulla nostra lavagna un *igrometro a capello*, inventato dal francese *Saussure* (morto nel 1794).

Le parti essenziali dell'igrometro di Saussure sono:

1) Un capello, bollito in liscivia di potassa, lungo sei in otto pollici, fissato in *p* (fig. 71) ch'è fermo nella spranghetta *ab*, e all'altro legato ad una puleggia; 2) Un lungo ago, *f*, che è retto da quella puleggia, ed è ordinariamente chiamato l'indice o la lancetta; 3) Un peso insignificante *r*, che pende da un filo e si attorce alla puleggia in direzione opposta; finalmente 4) Un segmento di cerchio *hk*, che voi vedete munito di una scala. Tutte queste parti si trovano quasi sempre in un telaio angolare di metallo. Chi considera che la puleggia è tirata dal capello, o dal corpo igroscopico dal basso all'alto e in forza dell'indicato peso dall'alto al basso, vede altresì che l'indice, secondo che il capello si allunga o si accorcia, deve andare a sinistra o a destra. Volendo dare una scala al suo instrumento, Saussure lo pose dapprima in un vaso bagnato nell'interno, cinto da ogni parte d'acqua, e poi sopra un vaso riscaldato, pieno di potassa infocata, brevemente di aria perfettamente secca, e notava poi ogni volta il posto in cui

s'era fermata la punta dell'indice. Il punto della maggiore secchezza *h* egli lo segnò con 0, il punto della maggiore umidità, *k*, lo segnò con 100, onde egli divise la distanza fondamentale in 10 parti eguali o gradi.

Fatto quasi come l' igrometro a capello è *l'igrometro ad osso di balena*. Questo è invenzione del famoso De-Luc, ed ha invece d'un capello un osso di balena, lungo 4 in 6 pollici, tirato sottilmente, tagliato non per lunghezza ma pel largo; malgrado che un fiato leggero comunicato al corpo igroscopico, scosti un poco l'indice dal posto che occupa, noi ne usiamo oggi così poco, come dell'igrometro a capello di Saussure, col quale esso, sebbene i punti della maggior secchezza o umidità siano determinati allo stesso modo, non indica mai gradi eguali del contenuto acqueo dell'aria.

Instrumenti di questo genere assai più comuni sono l'*igrometro di Daniell*, *e il psicrometro* o *il misuratore del freddo-umido del professore Augusto di Berlino*.

Sopra l'ultimo saprete i particolari nel trattato del calorico. — Per conchiudere fo qui menzione con alcune parole dei profeti del tempo, che appartengono a questa materia. — Ora si vedono bei covili che sono abbandonati dal loro abitatore, per solito una volpe, a tempo asciutto, mai a tempo umido; ora eleganti casette, alla cui porta, quando sovrasta il cattivo tempo comparisce un signore con un ombrello; e all'incontro quando vuol venire il bel tempo, esce un altro con un bastoncino, oppure una signora con un ventaglio. Ora figuratevi in questo accidente un disco di legno, che da un lato pende ad una corda di minugia, e sopra cui in vicinanza del suo perimetro ha preso posto una figura di volpe, o d'altro animale; inoltre come l'altro capo di quel corpo igroscopico è fissato per modo sotto il covile che la figura, mentre la corda, per la sua umidità acquista in lunghezza, torna lenta lenta alla sua abitazione; ed all'incontro quando per la sua secchezza si raccorcia, comparisce di nuovo dinanzi ad essa. Ed ecco: voi siete chiaro della prima delle ammirate meraviglie, ed avete pertanto scoperto il segreto del nunzio del tempo — In simil modo va rispetto al secondo fenomeno. Mettete a due punti opposti del disco di legno non più la volpe, ma un signore con un ombrello e una signora con un ventaglio, ne verrà, se la corda e la casa sono disposte nello stesso modo che quegli all'una qualità di tempo, e questa all'altra si faranno innanzi alla porta.

Se noi immergiamo nell'acqua l'ascia, il cui manico minaccia di cadere; se i disegnatori bagnano la loro carta prima di tenderla;

se nelle camere umide, specialmente in quelle che hanno le mura nuove, gli impalcati e i telai delle finestre e delle porte non stanno più bene nei posti loro assegnati; se talvolta certi lavori di legnaiuolo, come tramezzi o assiti di pino e tavolati con un violento scoppio si spezzano; se a spezzare il legno e le pietre servono ottimamente quei conii che noi abbiamo prima bagnati, questi e anche molti altri fenomeni ci sono perfettissimamente spiegati dalla forza dilatante dell'acqua.

Digitized by Google

SEZIONE QUARTA.

Del moto e dell'equilibrio dei fluidi elastici.

Osservazione preliminare. — La stessa alta importanza che l'*acqua* possiede tra i *liquidi*, appartiene tra gli *elastici o dilatabili* all'aria: pertanto io qui parlerò principalmente di lei.

§. 1.

Dell'esistenza dell'aria.

Che l'aria, fluido straordinariamente sottile, ch'empie il tutto fino ad una certa altezza, esista realmente, non è da dubitare. — Veramente uno dei nostri principali sensi, la vista, è quello appunto che ci dà meno lume sopra la sua presenza; una testimonianza tanto più bella ci danno all'incontro di essa i sensi del tatto e dell'udito. Sì, noi sentiamo l'aria, ogniqualvolta noi moviamo la mano, un ventaglio, in generale un corpo alquanto largo contro al viso; e noi altresì la udiamo, quando essa urta i corpi solidi, o s'introduce a traverso tubi, strette fessure e simili oggetti. Anche più chiaramente la riconosciamo nei violenti turbini ed oragani formidabili. Chi altro che lei durante questi fenomeni naturali solleva il mare alto come montagne, diradica le quercie più salde, abbatte gli uomini e le case o le selve intiere, leva in alto immensi mucchi di arena e di polvere, o conduce sull'oceano grossi vascelli, anche quando sono più gravemente carichi, come se fossero volanti. Anche la respirazione ci dice ch'ella dev'esistere ed essere un ente materiale; solo da lei noi riceviamo la nostra vita e la nostra salute; solo in lei prosperano le piante più vaghe, che ci arridono in numero infinito nelle selve e nelle valli, sui monti e nei prati; solo per lei ci allietano i canti degli uccelli, i suoni degli istrumenti musicali, le voci amichevoli e le parole piene di consolazione de'nostri simili. Noi non abbiamo bisogno di altre prove della sua esistenza.

§. 2.

Delle proprietà dell'aria in generale

L'aria è un corpo. Che a lei, come tale si addicano quasi tutti i caratteri, che io vi ho mentovato nella prima sezione, s'intende da sè: non le mancano nè l'estensione, nè l'impenetrabilità, nè la porosità, nè la divisibilità, (*) ecc. Tuttavia qui non parleremo preliminarmente che delle più importanti, *della dilatabilità* e della *gravità.*

a) *Della dilatabilità dell'aria.*

Delle diverse cose che voi oggi vedete sulla mia tavola, io prendo primamente con tutt'e due le mani la vescica piena d'aria, ben legata superiormente, la premo, quanto mai me lo concedono le forze, e finalmente la lascio a se stessa, mentre allontano da lei la pressione. « E qual è l'effetto di ciò? » Ora voi vedete chiaramente ch'ella riprende tosto il suo primiero volume. — Al mio secondo sperimento io eleggo questo tubo di vetro cilindrico con pareti estremamente grosse. Poichè io l'ho appoggiato fermamente al muro con l'estremità inferiormente chiusa, ed ho altresì fatto entrare un poco nella parte superiore della bocca il suo stantuffo, che deve combaciare a capello, io lo spingo con tal forza come volessi rompere il fondo.

Quello che voi dovete considerare principalmente in questo esperimento è la circostanza che lo stantuffo, tosto che la pressione cessa, è ricacciato indietro. — Così quest'ultimo, come quel primo fenomeno, sono effetti dell'aria. La tendenza a dilatarsi di nuovo, quando è stata compressa, emerge chiaro dai due esperimenti. Solo in essa noi riconosciamo la cagione, perchè la vescica è ricondotta nel suo antico volume, e lo stantuffo cacciato dalla più grossa parte del tubo. — Il *globo di Erone*, la *fontana di Erone*, il *fucile a vento*, la *tromba a fuoco*, la *campana del palombaro*, come alcuni altri esperimenti da instituirsi con la macchina pneumatica si riferiscono alla stessa proprietà dell'aria. — Noi la chiamiamo comunemente *dilatabilità.*

(*) Essendochè le particelle d'aria tendano a dilungarsi l'une dall'altre, è chiaro che mancano di *coerenza.* Per questo conto la coerenza non fu connumerata alle proprietà generali dei corpi.

Se un bicchiere da birra capovolto dirittamente ed equabilmente nell'acqua è spinto all'insù e rovesciato dall'aria, ora compressa che si contiene in lui; se dei fogli molli, con una superficie un poco lacunosa, son posti sopra la palma d'una mano, scoppiettano forte, quando noi vi diamo su con l'altra mano; se le nostre gote, quando noi le abbiamo gonfiate posseggono molta elasticità, di questo e di molti altri fenomeni, vi dà solamente la chiave l'elasticità dell'aria.

b) *Della gravità dell'aria.*

Ecco qui un tubo di vetro aperto ai due capi. Io immergo subito il capo inferiore nell'acqua, chiudo il capo superiore con un dito, e lo levo poi tanto che solo il capo inferiore si trova nel detto liquido. O meraviglia! la superficie dell'acqua nel tubo, è più alta che quella del mio vaso più grande.

La ragione risiede solo nella gravità dell'aria esterna; essa preme contro l'apertura inferiore del tubo con una forza eguale alla pressione unita della colonna d'acqua, e dell'aria rinchiusa. Io levo ora il mio dito dall'apertura. — Ed ecco tosto anche l'acqua del tubo scende tanto, che forma lo stesso piano orizzontale con la superficie dell'acqua nel vaso più grande.

I sifoni, la macchina pneumatica e la tromba, e principalmente il barometro (di tutti questi instrumenti avrete le opportune nozioni) producono simili fenomeni, e ci ammaestrano non meno bellamente sulla gravità dell'aria.

Se le così dette ventose o coppette quando sono state tenute prima alla fiamma d'una lucerna, e scaldate, penetrano addentro nella carne molle, e vi restano tanto finchè v'affluisca sotto una certa quantità di sangue; se il fumo del tabacco si leva su da una pipa, quando uno aspira, al capo superiore; se il coperchio d'una tettiera o caffettiera è munito d'un piccolo foro, perchè il liquido non trabocchi; se una botte piena, quando sia dappertutto ben impeciata e specialmente chiusa perfettamente al suo cocchiume, non lascia uscire la sua birra o il suo vino, se anche si faccia un grosso buco a una delle due pareti laterali, ecc. di tutti questi fenomeni, ai quali io potrei facilmente aggiungere una quantità d'altri, la gravità dell'aria dà la spiegazione necessaria.

§. 3.

Del Barometro.

Una volta, così narra la storia, fu rizzata in un giardino di Firenze una tromba straordinariamente lunga. Or quando i lavoranti cominciarono a provarla, non poca fu la meraviglia loro e degli astanti, al veder salire costantemente l'acqua nell'anima della tromba solo fino ad un'altezza di circa 32 piedi. Questo fatto li mise in istupore e confusione; consultarono lungamente qui e qua; finalmente andarono a Galileo, uomo di meriti immortali nelle scienze naturali (i suoi grandi lavori scientifici empiono quasi tutta la prima metà del secolo decimosettimo) gli narrarono il meravigliosissimo fenomeno, e gliene chiesero la ragione.

La fama di Galileo n'andava di mezzo; veramente questo dotto era già pervenuto al concetto, che non solo il fenomeno di che parliamo, ma anche tanti altri dipendono soltanto dall'azione meccanica della gravità dell'aria; ma verosimilmente egli non aveva ancora condotto ad assoluta chiarezza i suoi pensieri sopra un soggetto sì nuovo, ed egli si spedì di coloro non volendo divulgare il suo segreto, con la risposta: *L'orrore della natura pel vuoto ha un confine.* — Poco stante morì. — Torricelli, già suo discepolo, e successore nella sua cattedra, ricolse quel fatto e venne in questa felice idea: *se la stessa forza che fa alzar l'acqua nella tromba 32 piedi, agiva ancora sull'argento vivo, non doveva questo salire in un tubo solo la* 13a *o* 14a *parte di quello che facesse l'acqua?* — Ed ecco! questa idea lo condusse ad uno degli sperimenti più ingegnosi. Egli empiè di mercurio un tubo di vetro lungo 3 piedi e chiuso all'*un* capo; dipoi serrò fortemente con un dito l'altro capo, capovolse il tubo, e l'immerse in un vaso, nel quale si trovava del pari del mercurio; all'ultimo egli trasse via il dito, e privò pertanto la colonna di mercurio del suo sostegno apparentemente necessario. Ora il mercurio veramente al principio scese un poco nel tubo; ma appunto al tempo giusto, vale a dire a un'altezza di circa 28 pollici, si fermò invariabilmente; 28 pollici moltiplicati per 13 1|2, peso specifico del mercurio, danno 378 pollici, o circa 32 piedi. Così fu fatto il primo gran passo, al quale tenne poi dietro in breve un secondo, un terzo, un quarto. *Se la forza ignota,* come aveva già forse congetturato il Galileo, *risiede realmente nella gravità dell'aria,* seguì, inducendo il Torricelli, *l'argento vivo dee scendere nel tubo di vetro, quando altri lo porta seco sopra un alto monte.* Ed anche questo

esperimento che doveva accertarlo della cosa, fu coronato dal più bel successo. Chè quando Pascal, al quale egli aveva fatto capo, salì sopra una montagna alta 3000 piedi, vide che il mercurio scendeva sempre più nel tubo, e sulla cima di essa montagna, stava appena all'altezza di 25 pollici. Onde fu manifesto, che *non già l'orrore del vuoto*, come aveva già insegnato Aristotile, *ma la forza della pressione dell'aria, manteneva l'acqua all'altezza di 32 piedi nell'anima della tromba*. Notate ora qui preliminarmente tre cose: 1. l'apparecchio necessario a questa dimostrazione (fig. 71) porta il nome di *tubo Torricelliano*, o anche, e veramente nell'uso comune, come quello che è munito di una scala, *barometro o misuratore della gravità dell'aria*; 2. l'altezza verticale in cui si trova al vertice *a* sopra la superficie dell'argento vivo, nel vaso *ab*, si chiama l'altezza barometrica; come finalmente 3. lo spazio sopra la colonna d'argento vivo, che manifestamente non racchiude in sè nessun'aria, si dice il *vuoto Torricelliano*.

fig. 71

Anche nella costruzione di un tale instrumento vi sono non poche cautele, che l'artefice non dee trascurare, se vuole averlo perfetto. — Io noterò le più importanti.

Innanzi tratto egli dee badare nel tubo di vetro che il suo spazio interno (non si computa pertanto la grossezza delle pareti) ammonti almeno ad una linea e mezzo: imperocchè nei tubi troppo stretti una piccolissima bollicina d'aria, che si trovi nel vuoto torricelliano, produce un notevole errore; senza che in essi, anche quando sono perfettamente vuoti d'aria, l'argento vivo si mantiene sempre un poco troppo basso, perchè ha più fatica a vincere la resistenza dell'attrito delle pareti del vetro. Pertanto gli artefici prendono talora pei barometri molti esatto de' tubi di 6 linee di diametro. Per dare la sua giusta posizione alla colonna dell'argento vivo, noi non dovremmo mai omettere nei barometri ordinari di percuotere un poco il tubo con le nostre dita. — Chi poi stima che l'artefice, per empiere il barometro, non abbia a far altro che a versar subito l'argento vivo nei tubi, non conosce l'importante circostanza, che l'argento vivo, come ogni altro liquido, assorbe un'importante quan-

tità d'aria, dalla quale è penetrato e con la quale è intimamente incorporato, e che inoltre quest'aria, tostochè ella entra nello spazio vuoto del barometro, tende a scappare dall'argento vivo in forma di bolle. Egli ovvia all'indicato inconveniente, facendo scaldare l'argento vivo fino all'ebollizione. In virtù dell'ora assai più grande forza espansiva dell'aria avviene subito la separazione dei due fluidi; l'aria forma bolle, che scoppiano alla superficie dell'argento vivo, e abbandona in breve affatto la prigione che la racchiudeva. — La terza cautela ha per oggetto lo stesso tubo. Come l'esperienza insegna giornalmente, le particelle dell'aria e dell'acqua aderiscono molto fortemente alla superficie del vetro, e non risparmiano neppure le interne pareti del tubo. — Ma questo sottile strato d'aria e d'umido è un'altra difficoltà nella costruzione dei barometri. Per vincerla l'artefice non ha nulla di meglio a fare, che versare l'argento vivo a poco a poco nel tubo, e scaldar questo dopo ogni nuova dose sì fortemente che venga in istato d'ebollizione. La sua nuova operazione richiede del resto molto tempo e gran pazienza. — Egli riconosce se nel vuoto torricelliano sia rimasta aria o no, quando egli tramuta il barometro dalla sua posizione verticale in un'altra un poco inclinata; perchè nel caso affermativo il tubo non s'empie perfettamente d'argento vivo, ma lascia alla sua cima una piccola bollicina d'aria.

V'ha barometri di diverse forme; le tre specie principali sono le seguenti:

1. *Il barometro comune.* — Questo barometro consta d'un tubo ricurvo inferiormente e finisce in un recipiente largo e piriforme (fig. 72). Destinato solo a indicare le variazioni della pressione dell'aria, esso ha per solito la scala alla sua parte superiore. Voi avrete per innanzi i necessarii schiarimenti sopra le parole: *tempesta*, *pioggia*, *variabile*, *bello* ecc. Se il recipiente piriforme, comparato al diametro del tubo, non è troppo stretto, le oscillazioni della colonna sono così insensibili, che noi possiamo considerare lo stato dell'argento vivo, come *costante od invariabile.* Non ostante il barometro comune non è acconcio alle osservazioni precise.

2. *Il barometro a sifone*, che come il comune è inferiormente ricurvo all'insù, ma invece del recipiente ha due branche parallele e per quanto si estendono le variazioni nell'altezza dell'argento vivo di grandezza perfettamente eguale. Abbastanza conosciuto, e in pari tempo, come quello che dà risultati precisi, si custodisce facilmente e comodamente si trasporta, è estremamente importante il barometro a sifone di Gay-Lussac. Le figure qui tracciate 78, 79, 80 ve lo dimostrano. — L'apertura *a* è in esso abba-

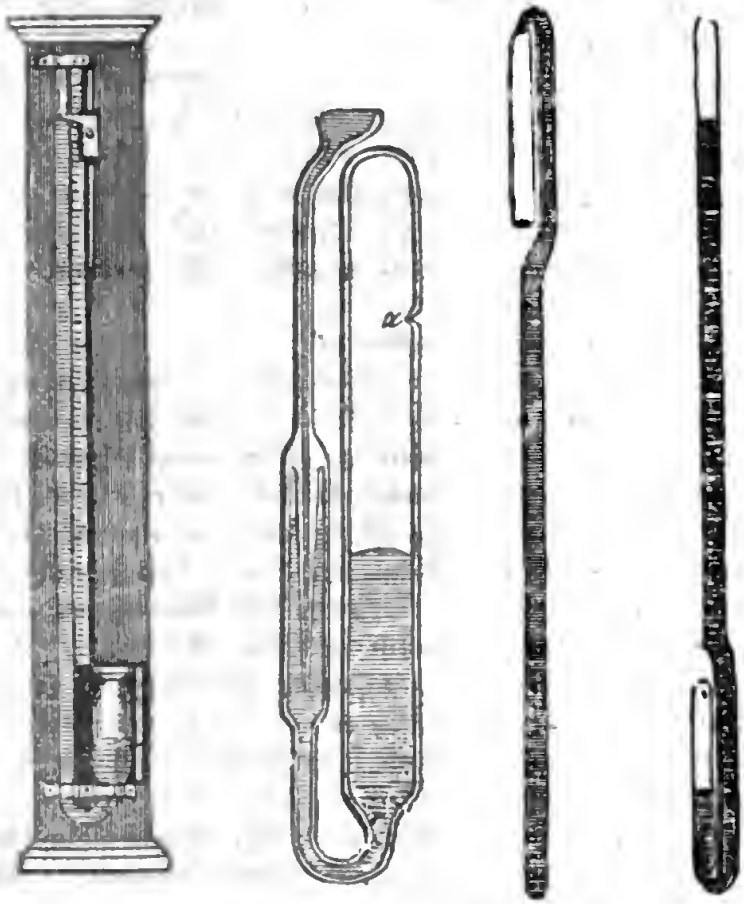


fig. 72 fig. 73 fig. 74 fig. 75

stanza grande da lasciar entrare liberamente l'aria; ma troppo piccola da lasciar sfuggire l'argento vivo. — Onde noi potremmo capovolgerlo senza danno (fig 74). Ora riguardate meglio il livello dell'argento vivo, ch'è esposto alla pressione dell'aria atmosferica; voi dovete accorgervi, che lo zero da cui noi abbiamo a misurare l'altezza della colonna barometrica, s'alza e s'abbassa, e che pertanto la costruzione della scala ci deve far sempre possibile di portare lo zero della divisione precisamente al posto del livello inferiore. Se il tubo è così ricurvo, e la branca aperta sta in linea retta con la parte superiore della branca chiusa e insieme più lunga, questo non ha altro scopo che per mezzo d'una medesima scala potere vedere la posizione dei due livelli d'argento vivo. — La figura 75 vi mostra in pari tempo come il bell'instrumento, fissato entro una canna di legno, forma un bastone, e pertanto nel viaggiare è utile per due conti. — In ogni barometro a sifone senza ec-

cezione, essendo che le due branche posseggano egual diametro, sparisce l'influenza della capillarità.

3. *Il barometro a pozzetto.* — Noi lo riconosciamo al suo tubo di vetro perfettamente diritto, la cui estremità aperta s' immerge in un vaso pieno d'argento vivo. Presupposto che il tubo sia sufficientemente largo, e lo spazio, che si trova sopra al livello, vi abbia perduto perfettamente la sua aria primitiva, noi non vi troviamo nessun ostacolo, che si opponga alla pressione dell' aria esteriore.

I barometri ci danno schiarimenti;

1. *Sopra la grandezza ineguale della pressione atmosferica a diversi tempi in uno stesso luogo.* — Si fissi un barometro in un certo luogo perfettamente verticale, e si guardi poi di tempo in tempo a quale altezza l'argento vivo si trovi nel tubo. Per l'ordinario non ci vogliono che pochi giorni a convincersi che l'altezza di quello è ora maggiore, ora minore, o che *la pressione dell'aria è sottoposta a molte variazioni.* Questa importante osservazione fu già fatta dall'inventore dell'utile instrumento. — Tutte le osservazioni hanno già da due secoli sempre riconfermato *che l'argento vivo s'alza e s'abbassa in uno spazio di due pollici; che inoltre la differenza indicata non è mai tanto considerevole sull'alte montagne e sotto l'equatore, quanto nelle regioni basse e nelle terre vicine ai due poli.* Per sventura certe altre osservazioni non sono così sicure; intendo quelle che si riferiscono ai fenomeni atmosferici, che altri si è studiato sempre di connettere coi diversi stati dell'argento vivo. Chi vorrebbe negare che il barometro quando è per piovere o nevicare ordinariamente s'abbassa, e all'incontro, quando vuol fare buon tempo, quasi sempre s'alza? Eppure l'esperienza insegna che la cosa non va sempre così. — A certi tempi dell'anno, specialmente al tempo dell'equinozio, le deviazioni sono particolarmente frequenti; anche molti anni sono contrassegnati da simili irregolarità. *I barometri non sanno più niente*, dice il volgo; e veramente non ha torto. — Ma per quanto mal sicuro apparisca anche il barometro in questo rispetto, tuttavia non si può disconoscere per verun modo una coincidenza ed accordo tra le direzioni dei venti e le maggiori o minori altezze del suo argento vivo; imperocchè non solo specialmente gli alti stati barometrici concordano coi venti dell'est e del nord; ma l'argento vivo sta quasi generalmente più alto ai venti d'est o del nord-est, che a quelli che vengono da altre direzioni. *La regola: il barometro sale ai venti d'est*, e *s' abbassa ai venti d' ovest;* è soggetta solo a poche eccezioni, e si concorda con sufficiente esattezza al principio: *l'alzarsi dell'argento vivo promette buon tempo;*

il suo abbassarsi cattivo tempo. Considerate ora principalmente con attenzione il seguente principio! Fra le diverse sostanze eterogenee, che nuotano costantemente nell'aria, sono specialmente vapori acquei disciolti, che, in conformità alla loro tendenza, si dilatano per tutti i versi, agiscono sull'argento vivo. — L'alzarsi e l'abbassarsi del medesimo è determinato quasi solo da quelli. — Quanto più i vapori acquei si avvicinano allo stato liquido, tanto minore è la loro forza espansiva, tanto più insensibile è per conseguenza il loro influsso nel barometro. Ora voi sapete perchè l'abbassamento dell'argento vivo nella state prenunzia pioggia, nell'inverno neve; e qual relazione ha con le indicazioni; *tempo asciuttissimo*, *bel tempo tempo incostante*, e che il barometro, sebbene spesso c'inganni, non porta senza ragione il nome di *vetro atmosferico* (*Wetterglas*). Nondimeno da una sola osservazione non si trae un'induzione sul tempo, che dee fare probabilmente. Noi distinguiamo per altro le *oscillazioni accidentali* e *periodiche* del barometro: *quelle*, a cui si riferisce quanto si disse, vengono per dir così a loro voglia, e ci rendono pertanto impossibile di prevedere così il loro tempo come la loro grandezza; *queste* al contrario avvengono a tempi determinati, ed hanno, come già nell'anno 1722 fu scoperto da un Olandese, una grandezza invariabile (*). Che intendiamo noi finalmente per lo *stato barometrico medio* d'un luogo? Secondo osservazioni fondate v'è un'ora in cui il livello dell'argento vivo raggiunge quasi al tutto esattamente la sua altezza media del giorno. Quest'ora è in Alemagna, e nei paesi a lei vicini l'ora di mezzogiorno. — Figuratevi ora che alcuno dal 1 gennaio fino al 31 dicembre abbia notate tutte le altezze medie barometriche quotidiane! Costui, per trovare l'altezza media di ciascun mese non ha a far altro che addizionare le 30 o 31 altezze rispettive quotidiane, e dividere la somma ottenuta per 30 o 31. Nello stesso modo egli arriva all'altezza barometrica media per tutto un anno. Ora l'altezza

(*) Alessandro di Humboldt arrivò col mezzo d'una serie d'osservazioni esatte al risultato che il barometro sotto all'equatore raggiunge il primo *maximum* d'altezza circa alle 9 della mattina, e verso le 10 della sera il secondo *maximum*, o intorno alle 4 della mattina il primo *minimum*, e tra le 4 e le 4 1|2 del pomeriggio il secondo *minimum*, e che tutto questo avviene colà così regolarmente, che le oscillazioni, se fossero solo un poco più sensibili, potrebbero molto bene far le veci d'un orologio. Come al tutto va diversamente la bisogna rispetto a noi nelle zone calde e temperate. Per quanta fatica impieghi presso di noi un osservatore, non gli riuscirà mai d'indicare neppure in parte le oscillazioni periodiche di un barometro, perchè le variazioni accidentali sono troppo importanti.

media barometrica non è perfettamente eguale per tutti gli anni; ma le variazioni, che subisce, sono tanto estremamente piccole, che potrebbero considerarsi quasi come non esistenti. In Berlino l'altezza media barometrica aggiunge a 27 pollici, linee 11—8 misura di Parigi.—Il barometro c'ammaestra 2—*sopra l'ineguale grandezza della pressione dell'aria nello stesso tempo in luoghi diversi*. Voi avete già inteso nella storia dell' utile instrumento che l'argento vivo s'abbassa quando noi portiamo il tubo barometrico in un luogo più alto. — E come potrebbe essere altrimenti? Quanto è più alto il nostro punto di stazione sulla superficie del mare, tanto è manifestamente più lunga la colonna d'aria che noi abbiamo lasciata sotto di noi; tanto è inoltre più breve l'altra, che si trova sopra noi, ed opera l'alzamento o l'abbassamento dell'argento vivo nel tubo. — Per conoscere il rapporto in cui il tubo della colonna d'argento vivo sta a ciascuna altezza d'osservazione, noi abbiamo bisogno di due barometri assai accuratamente lavorati, l'uno de' quali sia appeso nel luogo più basso, l'altro nel più alto. — L' osservazione stessa nei due instrumenti deve farsi nello stesso secondo. Presupposto che il primo barometro sia quasi a livello della superficie del mare, il secondo, portato ad un punto circa 73 piedi più alto, c'indicherà un abbassamento dell'argento vivo di circa una linea. — Il che ci fa primieramente conoscere la gravità dell' aria nelle regioni più basse. Se noi dobbiamo cioè salire circa 73 piedi per vedere abbassarsi di 1 linea l'argento vivo, egli è chiaro che una colonna atmosferica di quell'altezza pesa altrettanto che una colonna d'argento vivo di quest'altezza, che abbia una sezione traversale eguale a quella della colonna atmosferica. Ora 73 piedi stanno ad una linea come 10512 a 1. — Pertanto circa in questo rapporto sta la gravità propria dell'argento vivo alla gravità specifica dell'aria inferiore. — Io dico a bello studio, *l'aria inferiore*, perchè su punti di stazione più elevata si altera sensibilmente l'indicato rapporto. Quando un fluido *grave* cioè esercita una pressione sopra tutto che si trova sotto di lui, quando un *fluido elastico* prende un volume maggiore, tosto che diminuisce la forza che agisce sopra di lui, non dee farvi meraviglia se i più elevati strati dell'aria sian più leggieri che i più bassi, e che pertanto noi, se vogliamo di nuovo vedere l'argento vivo abbassarsi d'una linea, dobbiamo salire alquanto più che 73 piedi. Più andiamo in su, tanto è naturalmente maggiore questa differenza. La legge, secondo la quale avviene il decremento o l'aumento della densità dell'aria, chiamasi dal suo discopritore la legge di *Mariotte* e suona: *in ogni sostanza aeriforme il volume si muta in ragione inversa della pres-*

sione. Per dimostrarlo mediante uno sperimento con aria *condensata*, si prenda un tubo di vetro ricurvo a modo di sifone (fig 76), la cui branca più corta è chiusa, e la più lunga aperta superiormente. La larghezza del tubo sia di circa mezzo pollice; la branca corta sia inoltre perfettamente cilindrica, e munita di forti pareti. —Presso a questa e alla branca più lunga io trovo finalmente una scala, perchè altri possa indicare con la massima precisione l'altezza dei due livelli dell'argento vivo. Nel servircene noi dobbiamo anche qui appendere verticalmente quanto è più possibile le due branche. Ora si versi assai lentamente un poco di argento vivo nel tubo, e si pieghi poi un poco l'apparecchio, affinchè l'aria esca dalla branca più corta. — Solo per questo modo si può ottenere che l'argento vivo stia ad eguale altezza nelle due branche, e tocchi esattissimamente lo zero, o qualsivoglia linea divisoria della scala. — Supponendo che la colonna dell'argento vivo della branca più corta si trovi in *n*, e sia ad eguale altezza con l'altra colonna d'argento vivo, attira l'aria ch'è rinserrata nello spazio *n*B. soffre manifestamente la pressione dell'atmosfera. Ora s'infonde di nuovo dell'argento vivo nella branca più lunga, e in tal quantità che tocchi nella branca più corta il punto *n'*, vale a dire appunto il mezzo di AB. Dipoi si segni nel ramo più lungo il punto *n*, che è ad un'altezza eguale di *m'*, e si misuri quanto l'argento vivo si elevi sopra *n*. — Ora noi sappiamo: 1) che l'aria in *n*B è compressa per la metà del suo precedente volume, e 2) che l'altezza barometrica, o l'altezza della colonna d'argento vivo *n'* concordano esattamente insieme: onde noi non dobbiamo dubitare neppure un istante che una pressione di 2 atmosfere agisce contro l'aria rinchiusa in A*m*; se poi la branca aperta possiede la lunghezza richiesta, noi possiamo inoltre facilmente dimostrare, che una pressione di 3, 4 atmosfere comprime 1/3, 1/4 del suo volume originario l'aria che dal principio si trova in *n*B. — Stante l'importanza che ha la legge di

fig. 76

cui parliamo, vi sono da gran tempo anche strumenti acconci, col cui sussidio noi dimostriamo la sua giustezza rispetto ad una pressione, minore di un'atmosfera. Del resto la legge di Mariotte, riguardo ad un'altra già prima spiegata, che si estende al volume e alla densità dei corpi, si può esprimere anche così: *la densità dell'aria, e in generale d'ogni fluido elastico, è proporzionale a quella pressione che ha a sostenere.*

Chi sa applicare la legge di Mariotte, possiede in pari tempo nel barometro uno strumento, pel cui mezzo può misurare torri, montagne e altre alture. — Quanto importante non apparisce esso anche in questo rispetto! Le seguenti regole stanno principalmente a fondamento della misura barometrica dell'altezza: *misura in prima esattissimamente le colonne d'argento vivo nei due luoghi, dei quali tu vuoi conoscere la differenza dell'altezze, e abbi cura che l'operazione sia compiuta nei due luoghi nello stesso tempuscolo; In secondo luogo riporta le due altezze dell'argento vivo che hai osservate alla temperatura del ghiaccio che si fonde* (perchè bisogni far questo, lo saprete nel trattato del calorico). *Cerca in terzo luogo a qual altezza si trovi ciascuno dei due dati punti di stazione sopra un terzo luogo, ove la colonna dell'argento vivo ha 28 pollici d'altezza* (solo la legge sopra il decremento della densità dell'aria fa venirtene a capo). *Prendi in quarto luogo finalmente la media dei gradi di calore, che tu hai osservato ai due punti di stazione all'aria libera, e aggiungi alla precedente differenza d'altezza tanti dugentotredicesimi, quanto il calore medio conta gradi di Réaumur sopra zero.* — Sempre la differenza d'altezza di due luoghi molto distanti l'uno dall'altro si determina più accertatamente, quando si conosce per ciascuno d'essi l'altezza media barometrica. — Il barometro finalmente ci dà lume 3 *sopra la grandezza importante, sommamente stupenda della pressione dell'aria sopra certe superficie e corpi.* — L'aria, com'è noto, fa contrappeso ad una colonna di argento vivo alta 28 pollici. Posto ora che quella colonna possegga 1 pollice quadrato di superficie diametrale, ella porterebbe 28 pollici cubi d'argento vivo o quasi 15 libbre. Per questo modo si può facilmente e sicuramente calcolare la pressione dell'aria sopra altra superficie. — Volete voi sapere, per esempio, con qual forza agisce sopra un piede quadrato? voi non avete a far altro che moltiplicare quelle 15 libbre per 144, vale a dire con quel numero che vi dice quanti pollici quadrati si contengono in un piede quadrato. — Ora 15 libbre, prese 144 volte, danno 2160 libbre o circa 20 quintali. — Alla prima parve incredibile la grandezza di questa pressione, e anche al dì d'oggi molti ne dubitano.

Digitized by Google

— Specialmente pare favoloso che il corpo dell'uomo, la cui superficie nello stato adulto può essere calcolata a 14 in 15 piedi quadrati, debba sostenere un peso di circa 300 quintali, di cui noi non ci accorgiamo menomamente fin a tanto che l'equilibrio si mantiene nell'aria atmosferica. — Ma che direte voi del seguente fenomeno? Come è noto vi sono pesci che durano costantemente a profondità molto ragguardevoli; parecchi di loro, per esempio, le sogliole e i rombi vivono per lo meno 2 in 3 mila piedi sotto la superficie del mare. — Sopra questi animali s'aggrava pertanto il peso di una colonna d'acqua di 2 in 3 mila piedi d'altezza, che ad un calcolo superficiale è 70 in 80 volte più grave che il peso dell'atmosfera. — E tuttavia questo pesce si volge facile e destro nel suo elemento. — Ora se considerate che i detti animali sono internamente pieni di fluidi, che particolarmente in virtù della loro impenetrabilità fanno la resistenza che occorre alla pressione dell'aria, e voi scorgete di tratto che i pesci, mentre sparisce tutto il maraviglioso di quel fenomeno, non possono soffrire dalla indicata pressione più che facciano le membranelle più sottili, che insieme a loro sono immerse ad eguale profondità. Alcunchè di simile avviene in noi che abbiamo a sopportare il peso dell'aria atmosferica. — Veramente l'aria che dimora nel nostro interno non può da sè far contrappeso alla pressione dell'intera atmosfera; ma lo può bene con l'aiuto della sua forza espansiva. Notate poi la struttura del corpo umano! Gli umori del medesimo non sono spinti con gran forza dall'interno all'esterno? E non trapela inoltre costantemente una parte dei medesimi per i sottili pori della pelle? Non è pertanto un'altra prova della sapienza del Creatore, ch'essi trattenuti da quella pressione sono impediti di sfuggire a un tratto in troppo grande quantità? Non la presenza, ma l'assenza della pressione dell'aria ci porrebbe in uno stato orribilmente doloroso. — Viaggiatori, che hanno salito alte montagne, sentivano sì una lassezza al tutto particolare al menomo sforzo; dopo pochi passi si sentivano forzati a riposarsi alcuni secondi; e quel che li faceva più stupire, dalle labbra e dalle gengive usciva loro sangue. — Di questo fece sperienza più volte tra gli altri il sig. de Humboldt sul Chimborazo, ed altri alti monti d'America. — Se la pressione dell'aria atmosferica non difficulta i movimenti delle nostre membra, è una conseguenza in parte della loro massa estremamente piccola, in parte della appena osservabile coesione di tutte le parti.

Digitized by Google

§. 4.

La macchina pneumatica.

Ecco qua il bell'istrumento. — Il valentuomo dal cui acume fu trovato, noi possiamo con orgoglio dirlo nostro — il nome di Ottone di Guericke, il famoso borgomastro di Magdeburgo risplenderà eternamente negli annali della storia. — Il gran pensatore e contemporaneo di Torricelli inventò non solo la macchina pneumatica, ma anche la macchina elettrica. — Voi avete sott'occhio una macchina pneumatica del genere che i meccanici costruiscono ancora di spesso.

Il *cilindro metallico*, che io ho segnato nella figura (fig. 77) con *abcd*, è la prima parte necessaria di una macchina pneumatica;

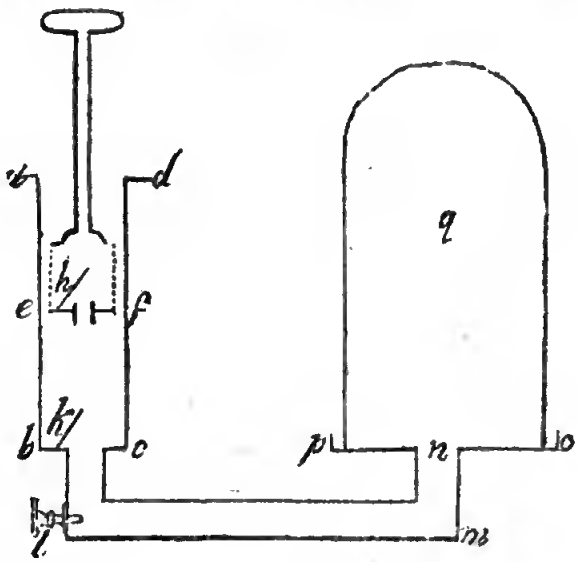


fig. 77.

porta il nome di tromba, e per rispondere alla sua destinazione, dev' esser incavata con la massima cura. Il secondo pezzo principale è lo stantuffo. — Questo è perforato nel suo mezzo, combacia a perfetto incastro per tutto con la parete interna della tromba, può per mezzo di un manico esser tirato su e giù. Non meno essenziali, che la tromba e lo stantuffo, sono in terzo luogo due piccole animelle o valvule aprentisi, fatte per l'ordinario di taffetà incerato impenetrabile, di cui una ha la sua sede nella base dello stantuffo, l'altra al fondo del cilindro. Due piccole righe *h* e *k* le in-

dicano nella figura. Il tubo *klmn* è il quarto pezzo necessario di una macchina pneumatica. Che in *n*, all'una delle sue estremità sia fissato un piatto metallico *op*; che tra esso e la tromba la valvula *k* mantenga la comunicazione essenziale in ogni macchina pneumatica, che poi la chiavetta al disopra di *l* sia il mezzo di concedere o vietare l'accesso nel tubo all'aria esterna, tutto questo voi potete vederlo in parte nella figura, in parte nell'instrumento stesso. La destinazione del vaso campaniforme e di tutti gli altri vi sarà chiara quanto è più possibile nell'uso che ne faremo.

Il recipiente *q*, *d*, *h*, quel vaso cioè che deve essere votato d'aria, sia posto sul piatto *op*, il foro *l* chiuso nel tubo di comunicazione *klmn* e lo stantuffo *ef* pigiato sulla base della tromba. Mentre io sollevo lo stantuffo, si forma apparentemente sotto di lui uno spazio vuoto; l'aria che finora è stata rinserrata nella campana e nel tubo di comunicazione, apre, non trovando più alcuna pressione contraria, la valvula *k*, e una parte di essa entra nella tromba, perchè l'equilibrio turbato sia di nuovo ristabilito. — Una conseguenza naturale di tutto questo è una rarefazione della quantità d'aria rinchiusa. — Posto che lo spazio interno della tromba fosse appunto tanto grande quanto lo spazio sotto al recipiente, e al tubo di comunicazione preso insieme, non dovrebbe la densitá dell'aria, dopo sollevato lo stantuffo, calare della metà? — Io pigio ora lo stantuffo una seconda volta. Or come ne va l'aria entrata anteriormente nella tromba? Ella non può tornare sotto al recipiente *q*; onde non le resta altra uscita, che aprire la valvula *h* e scappare per l'incavato dello stantuffo. — Se ne sia partita; ma io sollevo di nuovo lo stantuffo. « E che succede ora per la terza volta? » — Per evitare noiose ripetizioni, io noto che ad ogni alzar di stantuffo una parte dell' aria entra dal recipiente nella tromba; che inoltre l'aria, quando lo stantuffo è ricacciato giù, esce di nuovo per mezzo della valvula dello stantuffo, e che pertanto la quantità d'aria rimasta indietro cresce sempre di rarefazione. — *È egli possibile render perfettamente vuoto lo spazio sotto il recipiente? e per qual mezzo noi conosciamo il grado dell' ottenuta rarefazione?*

Neanche per mezzo del migliore instrumento l'aria può essere totalmente levata via. — S'ella cioè è già tanto rarefatta che la sua forza non basti più a spingere la valvula *k* all'insu, ogni ulteriore aspirazione riesce inutile. Il miglior mezzo per riconoscere il grado di rarefazione, fino al quale l'aria è pervenuta sotto al recipiente, consiste nella così detta *provetta* o *provino*. Ponete ora sul piatto della macchina pneumatica un barometro comune,

copritelo con un'alta campana (in mancanza di un tal vaso voi potete adoperare anche un barometro cortissimo, alto solo pochi pollici, nel quale veramente l'argento vivo aderisce fortemente alla piegatura della branca ermeticamente chiusa) ed aspirate l'aria che si trova al disotto più che sia possibile! — L'altezza in cui si trova ciascuna volta l'argento vivo vi fa conoscere la pressione, e per conseguenza la densità dell'aria rimasta indietro. — Porti, per esempio, l'aria atmosferica una colonna d'argento vivo di 336 linee, ed all'incontro l'aria sotto al recipiente solo una di 6 linee d'altezza; la densità di quella starebbe alla densità di questa nel rapporto di 336 a 6 o di 56 a 1. — Una macchina pneumatica veramente buona non deve solo concedere, che l'argento vivo cada fino all'altezza estremamente piccola d'una linea, ma non dee lasciare alterare quel grado di rarefazione quando da gran tempo ogni aspirazione è cessata. — Il risollevamento dell'argento vivo è sempre un sicuro segno del pregiudizievole trapelamento dell'aria esterna. — Quando voi volete adoperare la macchina pneumatica non dovete mai dimenticare di porre un vaso di acido solforico sotto al recipiente, perchè i vapori acquei sieno allontanati. — Ogni macchina pneumatica non è fatta nel modo sopra descritto. — La figura 78 vi dà primieramente un' idea d' una piccola macchina pneumatica a mano molto opportuna. — In essa,

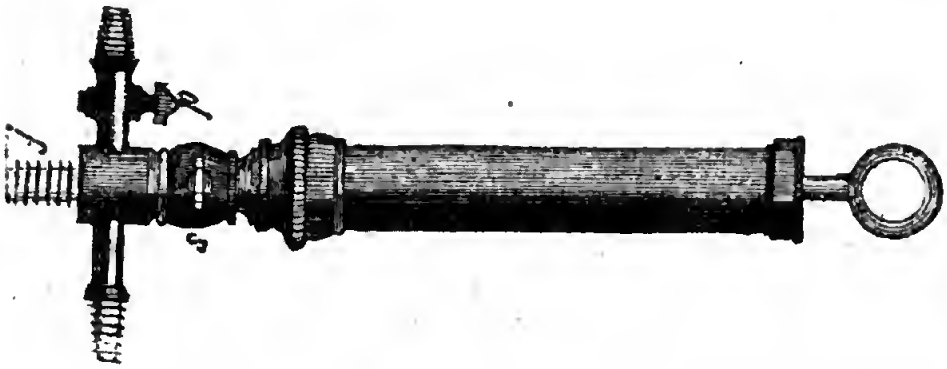


fig. 78

il canale scende verticalmente tra la tromba e il recipiente, prima che prenda la posizione orizzontale *a b*; in *d* inoltre è un robinetto, mediante il quale, quando esperimentiamo, ora lo separiamo dall'aria atmosferica, ora lo rimettiamo in relazione con lei; *a* finalmente segna il punto di stazione del recipiente e *f* una vite, per la quale noi fissiamo l'instrumento sopra un asse, o sopra una tavola. Del robinetto *s* si può facilmente far senza mediante una

valvula. La figura 79 vi mostra inoltre come in una tale macchina pneumatica un tubo di vetro lungo un 30 pollici, messo in co-

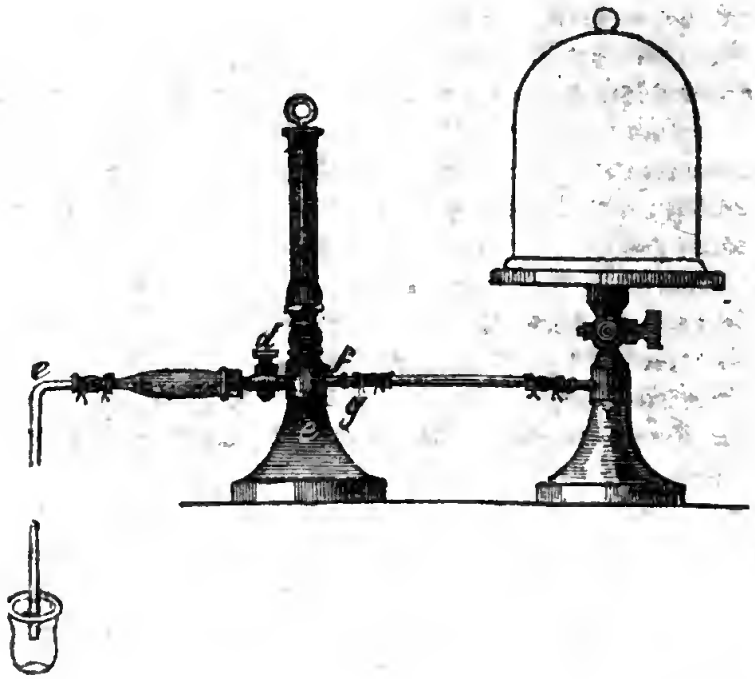


fig. 79

municazione con la tromba, e superiormente ricurvo e inferiormente attuffato in un vaso d'argento vivo; ma ora considerate che l'argento vivo, quando noi apriamo il robinetto, sale tanto più alto nel tubo, quanto noi siamo proceduti più oltre nella rarefazione dell'aria! Il tubo orizzontale di vetro, che trovasi tra la macchina pneumatica e un breve canale sotto al recipiente, ha a ciascuna estremità, per venire nella necessaria comunicazione con le due dette parti dell'apparato, un tubetto di cautchout. — Sebbene non atte ai grandi recipienti, nè a fare prontamente e perfettamente il vuoto, tuttavia queste piccole macchine pneumatiche a mano meritano pur sempre, offrendo occasione a molti esperimenti, una attenzione specialissima.

Nella macchina pneumatica, che voi vedete nella figura 80, l'asta *de* forma la valvola alla base della tromba. — Appena abbiamo cominciato qui a trarre all'insù lo stantuffo *b*, il risalto *d* s'urta al piano superiore del cilindro, forza per questo modo *b* a muoversi con qualche attrito o strofinamento lungo tutta l'asta; ma appena la nostra opera è diretta a fare andare all'ingiù lo

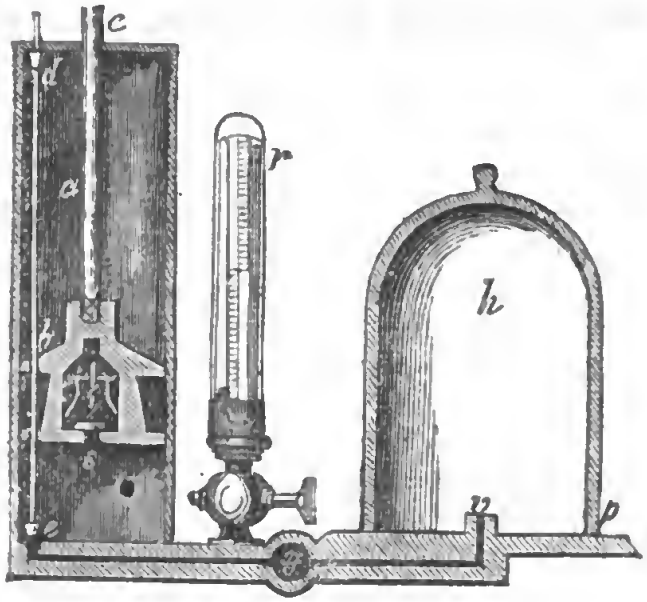


fig. 80

stantuffo, ecco che già il cono troncato *e* che si trova vicino sotto di lui va per l'apertura che gli è con somma precisione adattato, e veramente tanto che il suo piano superiore coincide in un piano al fondo della tromba. La valvula *s*, il canale da *e* fino a *v*, il robinetto doppiamente perforato *y* ecc. non hanno bisogno di nessuna spiegazione. La bisogna va un poco altrimenti rispetto al provino Noi adoperiamo in esso un barometro accorciato, lungo al più 7 pollici, che noi rinserriamo in una stretta campana *r*, e per questa l'uniamo al canale della macchina. La differenza tra le altezze dei due livelli d'argento vivo determina il grado di rarefazione dell'aria nel recipiente — Non si dimentichi poi, quando altri fa di nuovo entrare l'aria sotto quella stretta campana, di esser sempre bene cauto; perchè altrimenti l'argento vivo potrebbe percuotere troppo forte alla estremità superiore del braccio chiuso e rendere il barometro inservibile.

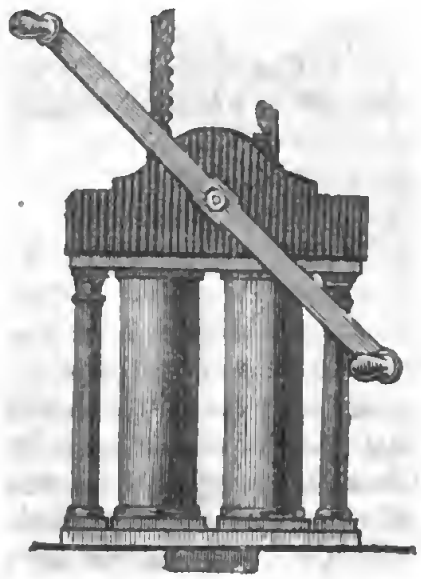


fig. 81

Ora io fo menzione di una terza macchina pneumatica; noi la chiamiamo, perchè essa ha *due* cilindri d'ottone, la macchina a due trombe. — La figura 81 ve la mostra. — Le due aste di stantuffo s'incastrano per mezzo dei loro denti nello stesso ingranaggio. — Mentre lo stantuffo d'un cilindro s'alza, lo stantuffo dell'altro scende esattamente nello stesso tempo che nella prima tromba l'aria esce per la valvula dello stantuffo, il secondo opera la rarefazione.

Per mezzo della macchina pneumatica s'instituiscono esperimenti non meno instruttivi che interessanti. I miei sperimenti forniscono la più calzante prova ora della pressione, ora della dilatabilità dell'aria, ora d'altro.

Esperimento primo. — Io non fo ora nulla più che dopo avere impiastrato alquanto di sego l'orlo di questa campana, la pongo sul piatto del mio instrumento, e rarefaccio al possibile l'aria nell'interno d'essa alzando e abbassando a vicenda il pistone. Ed ecco! uno solo non possiede tanta forza da staccarla dal piatto, sebbene in apparenza non vi sia menomamente fermata. — Solo la pressione dell'aria esterna la rende tanto immobile. Se io rendo all'aria rinchiusa, estremamente rarefatta, la sua anteriore densità, la campana sta sul piatto della macchina pneumatica così lenta come sopra ogni qualunque altro piano.

Esperimento secondo.— Ecco qua un cilindro metallico aperto di sopra e di sotto. Io lo metto sul piatto del mio instrumento, e lego sulla sua apertura superiore una vescica di porco illesa. Quando io tiro su e giù il pistone, la vescica si stringe sempre più per di sotto finchè all'ultimo scoppia. — Chi ha fissato sulla tromba di metallo invece di una vescica una sottile lastra di vetro (di cemento serve qui la cera strutta) abbia ben cura che i suoi occhi non siano offesi, quando ella va in scheggie per virtù della ragguardevole pressione dell'atmosfera.

Esperimento terzo.— Questo cilindro di vetro è come quel metallico, aperto alle due estremità. Oltre questo cilindro di vetro, per la mia esperienza me ne occorre ancora uno di legno, pieno d'acqua, che combaci esattamente all'apertura superiore del vaso. L'ultimo sia fissato sul piatto dell'apparato di rarefazione. Quanta più aria io levo di sotto a lui, tanto più efficace si mostra la pressione dell'atmosfera; anzi l'acqua all'ultimo, quando cioè la rarefazione ha raggiunto un assai alto grado, si cerca un esito nei pori del legno, e cade a goccie nel piatto del mio instrumento. L'argento vivo trattato per simil modo, ci allegra di una fina pioggia d'argento.

Digitized by Google

Esperimento quarto. — Ma nessuno esperimento insituito fin qui mediante la macchina pneumatica crea più stupore col suo grande effetto che quello conosciuto per mezzo degli emisferi di Magdeburgo. — Ed è veramente la prova la più calzante della immensa forza dell' atmosfera. — Io fisso ora l' un emisfero metallico B (fig. 82) sul piatto della macchina pneumatica; poi impiastro il suo orlo con un poco di grasso, o lo copro con una striscia di cuoio, stato prima attuffato nell'acqua; poi adatto il secondo emisfero *b* con la possibile esattezza sul primo, perchè non possa penetrare punto d'aria tra gli orli; all' ultimo io aspiro l'aria, che si trova nella palla, al modo che sapete. — Arrivato al massimo grado di rarefazione, io chiudo per mezzo del robinetto C l'interno del recipiente, e lo svito di nuovo dal piatto della macchina pneumatica. Succede quello che nessuno si sarebbe aspettato.—Finchè l'aria rinchiusa possedeva una densità eguale all'atmosfera, gli emisferi si separavano spontaneamente; ma poichè la sua densità è stata forse ridotta di trecento volte, aderiscono insieme sì fortemente, che ci vuole una forza assai ragguardevole a separarli.—Con la grandezza della sfera cresce manifestamente anche la grandezza della pressione atmosferica. Quando il celebre inventore fu mandato dal suo signore, il grande elettore Federigo Guglielmo, alla Dieta di Ratisbona, egli portò seco la macchina pneumatica, suo instrumento favorito, e fece colà in presenza dell'imperatore Ferdinando III e di molti principi dell'impero specialmente questo bell'esperimento. — Ciascuno de' suoi emisferi aveva un braccio di diametro, ed era munito alla sua circonferenza di forti anelli di ferro. Già i principi stupivano, poichè Ottone di Guericke aveva aspirato l'aria, di non li vedere separarsi; ma la loro meraviglia dovè salire al colmo, quando 8, 12, 16, anzi 20 cavalli attaccati agli anelli di ferro non furono in grado di separarli l'uno dall'altro. A questa separazione occorse la potente forza di 24 a 30 cavalli. — Chi conosce la grandezza della pressione atmosferica, le superficie degli emisferi, e anche approssimativamente il numero delle libbre che

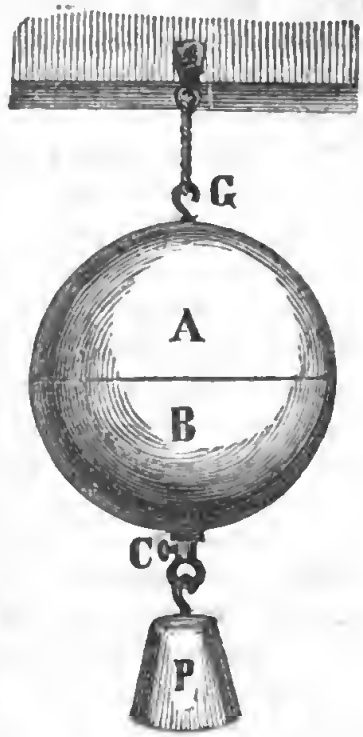


fig. 82

un cavallo può tirare in direzione retta, può calcolare facilmente quanti cavalli siano necessari alla divisione che si ricerca.

Esperimento quinto. — Poichè ho rimosso quasi tutta l'aria da questa vescica e l'ho legata forte superiormente, io la pongo sotto al recipiente, e osservo il cambiamento che soffre durante l'aspiramento. — Ella gonfia, e tanto più quanto è stata maggiore la rarefazione. « Qual proprietà dell'aria si dimostra per questo esperimento? »

Esperimento sesto. — Io pongo alcune monete in un vaso pieno d'acqua, e metto poi il vaso sotto alla campana. Appena io ho incominciato a rarefare l'aria sotto il recipiente, voi vedete tutte le monete sparse di una gran quantità di bollicciattole d'aria, che mano mano che continua l'aspirazione si staccano, salgono ad alto, e scoppiano alla superficie dell'acqua. La sabbia, le masse pulverulente, i frammenti di vetro d'ogni specie, ecc. ci presentano, trattate puntualmente così, gli stessi fenomeni. Anche dall'acqua si levano bollicine del detto genere. Osservate! l'aria resta invisibile per noi fin quando resta intimamente unita con l'acqua; ma può essere separata da questo liquido e rendersi visibile quando sia liberata dalla pressione atmosferica. — I fabbricanti hanno già tentato di valersi di questa particolarità nella colorazione dei panni. — Essi pongono cioè un pezzo di panno nel liquido colorante, e lo mettono così attuffato nello spazio vuoto d'aria; allora esce quasi tutta l'aria contenuta in esso, e poi, quando si lascia di nuovo entrare l'aria in quello spazio, il liquido colorato penetra anche in quei pori, dove senza questo sperimento non sarebbe certamente andato. La birra, spogliata d'aria in questo modo, diventa dopo pochi secondi senza sapore.

Esperimento settimo. — L'acqua in questo vaso di vetro possiede al massimo 30 gradi di calore secondo Réaumur. — Io la pongo ora sotto il recipiente della macchina pneumatica. — Dopo alcuni colpi di stantuffo, sebbene la sua temperatura sia molto al di sotto del proprio punto d'ebullizione (cosa assai strana!) comincia a bollire! Questo sperimento vi mostra anticipatamente (più innanzi ne saprete di più) che il punto di ebullizione nei nostri termometri non è punto invariabile, come ancora parecchi s'imaginano; ma dipende piuttosto dalla diversa pressione atmosferica.

Sperimento ottavo. — Un topo ed un passere vi mostreranno l'uno dopo l'altro come la vita nostra e di quasi tutti gli animali è condizionata dall'azione dell'aria. Il piccolo cantore passeggi prima sòtto il tremendo spazio del recipiente. Ah! come respira a fatica (già è cominciata l'operazione della rarefazione dell'aria), con quanta ansietà

vola ora a questa ora a quella banda anelando l'aria! Finalmente, lo privo quasi di ogni aria, cade sul fondo e muore. Anche il topo è spossato dopo alcuni colpi di stantuffo, e in breve tratto per la stessa cagione è preda della morte. Oltre la mancanza d'aria, gli animali messi al tormento sono colpiti da un altro male. Tutte le sostanze aeriformi, che sono racchiuse nel loro corpo, e alla cui forza espansiva fa equilibrio la pressione dell'atmosfera, si dilatano d'assai, tosto che questa pressione non fa più loro contrasto, e rompono di mano in mano tutti i vasi assegnati alla loro originaria dimora. Solo alcune specie d'insetti continuano a vivere nel più perfetto vuoto.

Esperimento nono. — Prima che io faccia altri esperimenti, considerate questo tubo di vetro lungo circa tre piedi, specialmente il piccolo meccanismo alla sua estremità superiore, mediante il quale diversi piccoli corpi possono essere fissati e a un tratto lasciati di nuovo liberi! Ora primamente io metto tra le tre striscie d'ottone alla parte superiore una piuma, ed una sottile laminetta di piombo; pongo il lungo tubo sul piatto della macchina pneumatica, e do opera a rendere vuoto al possibile il suo spazio interno. Dipoi io pigio quel meccanismo, e la piuma e la laminetta di piombo, sebbene la loro gravità specifica può appena essere più diversa, cadono sul fondo con quasi eguale celerità. — Ecco come la macchina pneumatica ci porge anche un mezzo di dimostrare chiaramente l'eguaglianza della celerità di caduta nel vuoto.

Esperimento decimo. — Finalmente io avvito questa gran palla cava di vetro munita di un rubinetto sopra il piatto del mio instrumento, rarefaccio l'aria che vi si trova, e ne cerco il peso per mezzo d'una bilancia molto esatta. Dipoi io apro il robinetto senza averla levata dal piatto, e pertanto fo di nuovo entrare l'aria esterna nello spazio interno. La conseguenza è che il peso nell'altro bacino comincia a salire, e che io pertanto mi vedo costretto, se il braccio deve riassumere la sua posizione orizzontale, ad aggiungere in quel bacino alcune dramme, anzi oncie. — « V'ha egli anche una più bella prova della gravità dell'aria ». Presupposto che io abbia trovato esattamente non solo lo spazio interno della palla, ma anche il grado della rarefazione, io trovo finalmente col calcolo, a quante volte un pollice cubo, piede cubo, ecc. corrisponda il peso dell'aria atmosferica.

Invece di una palla cava munita d'un robinetto, noi possiamo adoperare un meccanismo più semplice, che ha inoltre il vantaggio di pesar meno che quello testè esposto sotto un volume per altro

eguale. — Le due figure 83 e 84 lo dimostrano. La figura 83 rappresenta un boccione di vetro che ha il collo diritto, e le pareti non troppo grosse; senzachè il sughero che chiude ermeticamente la sua bocca, è perforato nel mezzo, e rivestito di un pezzo di taffetà incerato.

Per conseguenza non v'è dubbio che lo spazio interno comunichi con l'aria esteriore. Per munire il boccione in certo modo

fig. 83

fig. 84

d'una valvula, per la quale l'aria può bene uscire, ma non entrare, si fanno due tagli nel taffetà incerato, vicino al luogo che copre l'apertura del sughero. Questi tagli si vedono chiaramente nella figura 84.

Le operazioni nell'esperimento stesso sono le seguenti; prima si pesi il boccione pieno d'aria; poi si vuoti sotto il recipiente; all'ultimo si cerchi di quanto è divenuto più leggiero.

Oltre questi esperimenti fatti da me, ve n'ha una quantità di altri che non sono meno instruttivi e interessanti. Io ve ne indico almeno alcuni altri: 1° Un lume acceso posto sotto al recipiente, si spegne prestissimo, il fumo cade al fondo, invece di salire come dovrebbe; — 2. Un pomo, per quanto sia raccrespato si dilata fino alla più bella levigatezza nello spazio vuoto posto che abbia nessun buco; — 3. Un uovo che noi abbiamo aperto al momento, che sta immerso assai a fondo nell'acqua salata, ad una sufficiente rarefazione dell'aria cede il suo contenuto in un vaso che gli è posto sotto; ma si riempie subito che l'aria esterna rientra; 4. Nessuna campana lascia sentire un suono sotto il recipiente, quando l'aria è stata aspirata; — 5. Un pezzo di lievito si gonfia di molto nella stessa ipotesi, e riprende, tostochè l'atmosfera lo preme di nuovo, il suo precedente volume; — 6. Nessun fucile sfavilla, a spararlo nel vuoto; neppur la polvere che si trova sullo scodellino s'accende.

Digitized by Google

Quali effetti abbia la rarefazione dell'aria, voi lo sapete; ma voi non avete ancora imparato quello che ha d'instruttivo il *condensamento* di lei. — Per sventura tutti gli sperimenti relativi a questo punto non si possono fare senza grande fatica; che con l'aumento della densità cresca grandemente il pericolo di spezzare il recipiente, emerge abbastanza dalla pressione che l'aria, quando l'equilibrio è stato turbato, esercita sopra qualunque superficie. — In una condensazione decupla la sua forza sopra un pollice quadrato oltrepassa 150 libbre. — A dimostrare il meccanismo di un apparato di condensazione serve la figura 85. — La principal differenza tra una macchina pneumatica di rarefazione, ed una a

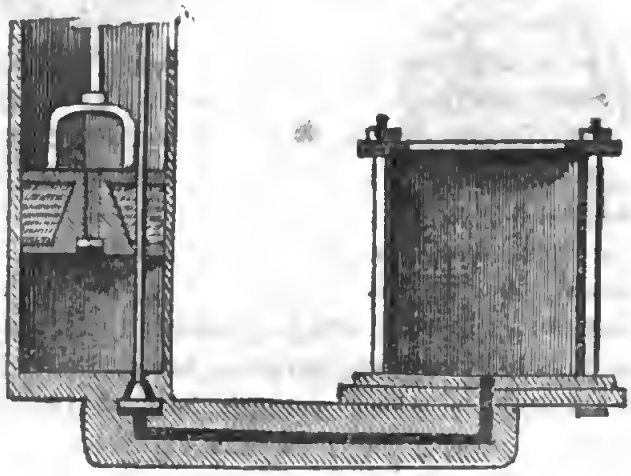


fig. 85

condensazione è la forma delle due valvule. — Quella valvula che limita il canale di comunicazione è così fatta, che dà passaggio a tutto quello che vuole entrare sotto al recipiente, e al contrario serra l'uscita alla più piccola quantità d'aria. — Anche l'animella nello stantuffo si apre per disotto. — Non abbisogna altro a persuadervi che ad ogni abbassamento dello stantuffo, l'aria è condensata sotto al recipiente, e che ad ogni alzamento del medesimo stantuffo, l'aria esterna penetra nella tromba per la valvula di sopra.

Ciascun grado di condensamento si riconosce benissimo, mediante un tubo diritto, aperto di sopra, ch'è pieno d'aria, e con la sua estremità inferiore aperta, è immerso in un vaso d'argento vivo. Al principio dello esperimento l'aria si trova nel tubo sotto alla pressione di un'atmosfera; ma crescendo il condensamento, sale di più in più l'argento vivo.

Se noi cerchiamo 1. l'altezza della colonna d'argento vivo e 2. la condensazione dell'aria sovr'essa, noi otteniamo contemporaneamente un'esatta conoscenza del grado di condensazione, che l'aria ha subito sotto al recipiente, Per impedire che l'aria condensata sollevi il recipiente, noi dobbiamo fissar questo sul piatto mediante una vite.

Dei diversi sperimenti che si possono fare con una macchina a condensazione, io vi dico i seguenti: 1. Il suono d'una campana che si trova sotto al recipiente, diventa tanto più forte, quanto più cresce la condensazione: 2. Il volume d'una vescica che sia fortemente distesa, e dipoi legata saldamente di sopra, si restringe: 3. Un termometro sensibile mostra che ad ogni nuovo colpo vien fuori nuovo calore.

Da ultimo io fo brevemente menzione della ingegnosissima applicazione della pressione dell'aria alle così dette *ferrovie atmosferiche*. Chi vuol farsene un concetto veramente chiaro, si ricordi principalmente tre cose: 1. Come tra le ruotaie della ferrovia, e veramente nel mezzo di essa per tutta la sua lunghezza; scorre un tubo, fatto di ferro fuso, grosso circa un piede e mezzo, e internamente impiastrato di sego o cera per appianare le scabrosità; 2. come in esso i cui pezzi separati, sia detto di passo, son lunghi 8 in 9 piedi (esso comparisce naturalmente composto di molti pezzi), uno stantuffo vi entra e combacia perfettamente, 3. come finalmente lo stantuffo, quando l'aria è aspirata da una parte, va

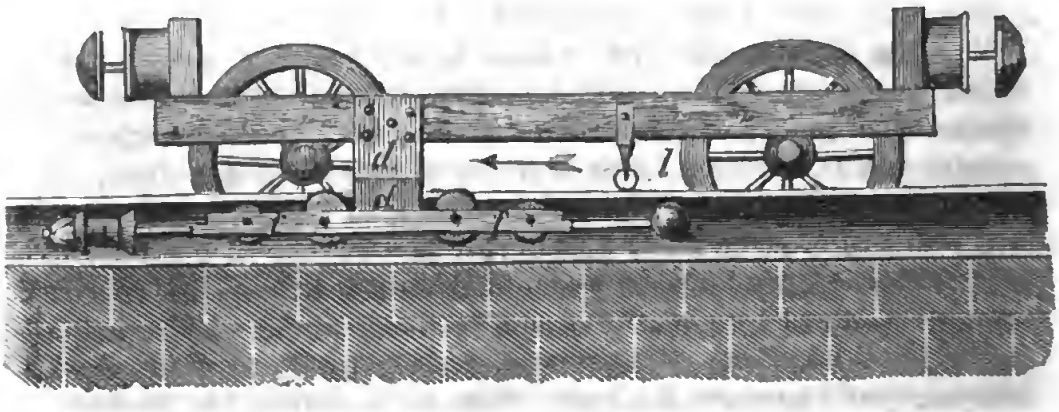


fig. 86

mediante la pressione dell'atmosfera avanti dall'altra parte, e tira seco tutti i vagoni che gli sono attaccati. — La bella figura vi mostra inoltre la struttura dello stantuffo, come specialmente per un braccio *d*, si connetta col primo carro rimorchiatore del convoglio.

Ogni braccio richiede che sopra al tubo propulsore vi sia un taglio longitudinale, per lo quale possa uscire, e che questa apertura, perchè il perfetto combaciamento dello stantuffo continui senza interruzione, sia munita da valvule di cuoio. L'aprirsi e il serrarsi del taglio segue in un modo mirabile.

Imaginatevi ora tra le due ruotaie di ferro *f*, che unitamente ad un'asta sono attinenti al proprio stantuffo, si mettano 4 puleggie e il braccio di congiunzione *d*, che inoltre la prima puleggia alzi la valvula solo un poco, ma la seconda a sufficienza, vale a dire, tanto che il braccio *d* possa passare per l'apertura; come finalmente la valvula, dopo che *d* l'ha passata, per ricoprire perfettamente il taglio cada sulla terza, poi sulla quarta. L'aspirazione dell'aria è operata da una macchina a vapore stabile.

Finora le ferrovie atmosferiche, si sono eseguite solo per brevi tratti; la maggiore sicurezza da una parte, e la possibilità dall'altra di vincere pendenze assai più considerevoli, fanno desiderare che vengano applicate a distanze più ragguardevoli.

§. 5.

Di alcuni altri instrumenti, dimostranti le proprietà dell'aria.

a) *Il sifone.*

Il primo instrumento che io oggi vi mostro, è di vetro (potrebbe però essere di qualunque altra materia) e convesso nel mezzo, alle due estremità va a stringersi in un tubo sottile, aperto, e serve ora a travasare un liquido da un recipiente nell'altro, ed ora a mostrare che l'aria può esercitare una pressione importante.

Il suo nome è *sifone*. Io lo immergo nell'acqua, chiudo poi col mio pollice la sua apertura superiore, mentre sta ancora in esso liquido, e lo risollevo poi finalmente sull'acqua. Ed ecco levatene poche gocciole, tutto il liquido vi resta sospeso, sebbene possa sfuggire per l'apertura inferiore. Non v'ha dubbio che la pressione atmosferica è la causa di questo fenomeno; perchè l'acqua comincia a scorrere nello stesso istante che io dischiudo l'estremità superiore, e si ferma con altrettanta prestezza, quando io la richiudo. Lo sgorgo di quelle gocciole è un effetto di quell'aria contenuta nello spazio superiore del sifone, che non ha acqua, e che al principio preme non meno forte che l'aria esteriore.

Digitized by Google

b) *L' imbuto magico.*

Prima che io faccia esaminare questo imbuto, voglio fare le belle esperienze, a cui mi porge occasione. Io lo immergo subito pertanto in un vaso pieno d'acqua. Che egli si empia per questo modo del detto liquido, e se ne liberi di nuovo apparentemente fino all'ultima stilla, quando io lo sollevo, è tutt'altro che un fenomeno mirabile; ma è straordinario che egli lasci sgorgare anche dopo, ora più ora meno acqua, in generale tanta quanta io gli ordino. Se lo immergo di nuovo sotto l'acqua, e chiedo che egli mi rallegri d'una dose di vino, dopo ch' io abbia rimosso l'acqua nel modo indicato; ed ecco, quello che io aveva desiderato, avviene. Ora si esamini il meccanismo dell'instrumento magico: che sia composto di due imbuti, inclusi uno nell' altro, e che lascin tra loro uno spazio abbastanza considerevole; che inoltre sotto al manico si trovi un piccolo buco, che appunto come l'apertura alla base, mette l'aria esterna in comunicazione con quello spazio interno, non può essere sfuggito a nessuno, che lo abbia osservato non troppo superficialmente e più d'uno ha già preveduto come la presupposta magia si risolva in un fenomeno naturale.

L'instrumento si chiami *abc* (fig. 87); *c* indichi l'apertura al piede, *d* l'altra sotto al manico. Figuratevelo ora pieno d'acqua come innanzi! Come da un sifone propriamente detto, la cui estremità superiore sia chiusa, non può sgorgare nulla, così nè anche da un imbuto magico, che può tenersi per un *sifone improprio segreto*, non può uscire quel liquido che durante l'immersione è entrato tra le due pareti, quando io pigio il mio pollice sul forellino sotto al manico. « Ma come l'imbuto magico getta vino? » Voi non avete che a tuffare dapprima l'instrumento, ma senza che nessuno se n'accorga, in un vaso pieno di questo liquido, e badate anche, che mentre voi chiudete ermeticamente il buco sotto al manico, non esca il vino che si trova tra le pareti, quando voi lo ponete nell'acqua, ed avrete il piacere di vedere l'imbuto dare vino, invece d'acqua ad un vostro comando.

fig. 87

c) *Il sifone aspirante.*

Il sifone aspirante ha quasi uno scopo eguale al sifone già descritto; è fatto come questo, ora di vetro, ora di metallo, e rassembra un tubo ricurvo, composto di due branche di impari lunghezza.—La sua forma è però molto svariata. Mentre io ora immergo nell'acqua il braccio più corto, e comincio ad aspirare all'apertura del più lungo, che in pari tempo va più al fondo, il detto liquido sale improvvisamente ad alto, empie il sifone e continua a sgorgare, sebbene io abbia da gran tempo fermato la aspirazione, finchè all' ultimo sia caduto sotto alla branca più corta.

Anche il più gran vaso può per questo modo esser facilmente vuotato; CBA (fig. 88) sia un sifone aspirante; BA la branca più corta; BC la più lunga. Senza avere preso nessuna particolare disposizione, l'acqua entra nell'istante nella branca più corta, tanto quant'esso è stato immerso. Se io aspiro poi in C l'aria che si trova nel tubo, e finora agiva contro ad una maggiore elevazione dell' acqua, è considerevolmente rarefatta, e per conseguenza l' aria esterna è posta in grado di spingere l' acqua fino a B al punto più elevato del sifone. Veramente l' aria esterna preme anche all' altra estremità, vale a dire in C; ma mentre la colonna d'acqua è più pesante nella branca più lunga BC, che la colonna simile nella branca più corta BA, ne viene che l'aria in BC ha a sopportar più che quella che preme l'acqua, in cui noi abbiamo immerso la branca più corta, e non può più far contrappeso a questa. Pertanto l'acqua costantemente è spinta nel sifone in AB con maggior forza che non è in BC impedita dallo sgorgare. Se io rivolto il mio instrumento, e immergo il ramo più lungo nell' acqua e aspiro dal più corto, l'acqua scorre sempre soltanto finchè dura lo stesso aspirare. E non può essere altrimenti; perchè in questo caso la pressione dell'aria all'apertura del braccio più corto è più grande di quella che è diretta contro la superficie dell'acqua nel vaso. L'acqua dee pertanto tornare ogni volta

fig. 88

al suo primo soggiorno. — « Quali sono per conseguenza le tre condizioni, che noi dobbiamo adempiere, perchè il sifone aspirante versi? e perchè noi vi sogliamo adattare anche un particolar tubo aspirante? »

d) *La coppa incantata o il bicchiere da burle.*

Il bicchiere magico o da gabbare, detto anche la coppa di Tantalo, possiede nel vero solo la semplice forma di un bicchiere da tavola; ma ci presenta un fenomeno interessante, e che per gli ignari confina anche col meraviglioso.

Per convincervi che io non farò nulla di straordinario nell'esecuzione del mio esperimento, io lo metto prima di tutto in mano d'un altro. Prima io l'empio pian piano d'acqua. — E voi vedete che tutto a un tratto, poichè l'acqua ha raggiunto una certa altezza, ella comincia a uscire fuori, finchè ne sia sgorgata anche l'ultima stilla.

Tra le doppie pareti dell'apparente vaso magico sta riposto un sifone aspirante, di cui un ramo è fissato presso al fondo, e l'altro al piede del vaso (fig. 88). Se io vi verso dell'acqua, ella entra tosto anche nel braccio più corto, e nel vero sempre alla precisa altezza, che sta nel bicchiere. Ma il braccio più lungo resta sempre vuoto. Solo quando io ho empiuto il mio vaso così riccamente d'acqua, che essa è arrivata al più alto punto del sifone aspirante, anche questo s'empie; ma restituisce tutto quello che ha ricevuto per la sua apertura inferiore. Che il sifone aspirante occulto debba tanto sgorgare, finchè l'acqua sia caduta sotto al buco del ramo più corto, emerge dall'osservazione del sifone aspirante visibile.

fig. 88

Se canali sotterranei in forma di sifoni siano in comunicazione con fontane comuni, l'acqua si può ben mantenere in queste in tempo di siccità, perchè in queste circostanze la sua parte superiore resta vuota; ma nelle pioggie dirotte deve uscirne tutta in breve tempo, perchè s'empie il canale fino al sommo. Simili fontane hanno pertanto quasi sempre acqua in tempo di siccità, ma non mai quando l'altre hanno l'acqua in abbondanza. Non senza perchè furon chiamate *fontane di carestia*, ma non potremmo noi chiamarle anche *fontane magiche naturali?*

e) *La fontana d'Erone.*

Nella fontana d'*Erone*, che trae il suo nome dal meccanico Erone di Alessandria (m. 100 anni circa av. C.), noi vediamo: 1. *Due vasi* posti l'uno sopra l'altro; 2. *Due tubi*, per mezzo dei quali quei due pezzi principali sono uniti insieme; 3. *Due buchi in una cavità patelliforme*, de' quali l'uno va nel vaso superiore, l'altro, per mezzo di uno dei due tubi, nell'inferiore. Io empio ora di acqua circa tre parti del recipiente superiore, e poi lo richiudo;

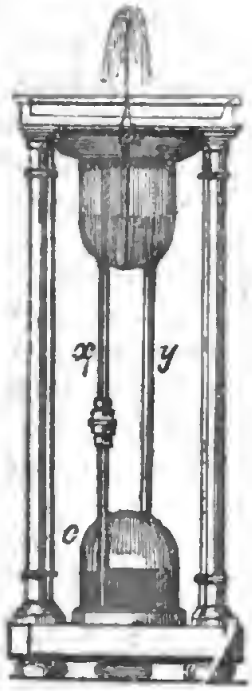


fig. 89

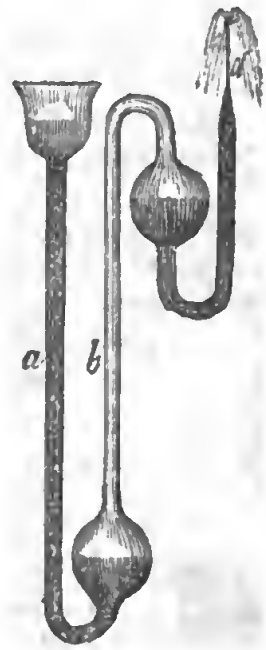


fig. 90

dopo io apro l'altro buco, che mette nella cavità patelliforme, e verso per lo meno altrettanta acqua nel recipiente inferiore; all'ultimo io ristabilisco la comunicazione tra l'aria esterna e il vaso superiore, e l'acqua zampilla alcuni piedi all'insù. — Il tubo *x* (fig. 89) che va quasi fino al fondo del recipiente inferiore *c*, mette nella cavità patelliforme del recipiente superiore, e serve come l'altro *y*, che veramente scende solo un poco nel recipiente inferiore, ma va molto addentro nel superiore, come tubo di comunicazione dei due recipienti. Il tubo di zampillo nel mezzo può essere aperto e chiuso a piacere, mediante un robinetto alterno.

Ora quando l'acqua va nel recipiente superiore, una parte dell'aria che vi si trova, come fluido più lieve, sfugge nel recipiente inferiore. Ella non può andare più oltre. Ora s'infonda acqua a sufficienza nel recipiente superiore, e si chiuda di nuovo ermeticamente il tubo di zampillo. Mentre io dopo empio d'acqua il recipiente inferiore, l'aria che già vi si trova, e ha già subito una condensazione, è messa molto allo stretto, si raccoglie mano mano nello spazio al disopra dell'acqua nel recipiente più alto, vi si condensa sempre più, e pertanto astringe in certo modo l'acqua, a zampillare in alto, tostochè io ristabilisco la comunicazione con l'atmosfera. Tutta l'acqua, che dà il tubo di zampillo, si raccoglie nella scodella, sgorga in parte nel recipiente inferiore, e fa che il tubo di mezzo continui a zampillare finchè vi sia acqua nel recipiente superiore.

La più semplice fontana di Erone, secondo ch'ella si costruisce facilmente di tubi di vetro, è rappresentata nella figura 90. La colonna d'acqua nel tubo *a* condensa l'aria nel tubo *b*; questa preme di nuovo la superficie dell'acqua in *c* e la spinge fuori con forza in *d*: brevemente *a* rappresenta *x*, *b* il tubo *y*, e così va discorrendo.

f) *Il globo d'Erone.*

Il globo d'Erone consta di un globo di vetro, *v* (fig. 91) ed un tubo, *t*, che arriva quasi fino al fondo di quello, e n'esce molto al disopra, e le più volte è munito di un robinetto. Esso serve, come la fontana di Erone, a ben dimostrare la pressione dell'aria. Io empio ora d'acqua la palla fino ad *nn*, e pertanto fin circa sopra la metà. Dipoi dando al robinetto *n* la disposizione opportuna, io metto l'aria esterna in comunicazione con lo spazio interno. In terzo luogo io introduco reiteratamente aria nel recipiente, o per mezzo di una piccola macchina pneumatica a condensazione, o anche, soffiando diligentemente con la bocca nel tubo. All'ultimo io apro il robinetto, e vi rallegro di un getto d'acqua, che zampilla all'improvviso, si solleva in alto 10, 20, 50, anzi 100 piedi, ma diventa mano mano sempre più corto. Solo l'aria fortemente condensata sopra l'acqua, spinge fuori anche qui il noto liquido a traverso del tubo. Chi voglia fare l'indicato esperimento in un modo più

fig 91

semplice, prenda una fiala, vi adatti dentro un tubo di vetro, che termini in una punta sottile, e lo turi superiormente con cera, perchè non ne possa uscire aria. — Posto sotto al recipiente della macchina pneumatica ogni globo d'Erone, sebbene l'aria non sia condensata sulla sua superficie acquea, comincia a sgorgare tosto che l'aspirazione dell'aria sia cominciata.

Le fontane naturali devono l'essere non solo ai vapori sotterranei, ma eziandio ad una gagliarda compressione dell'aria. I fenomeni, che moltissimi hanno osservato alla sorgente di Carlsbad, dimostrano meglio che ogni altra cosa come debba andar la bisogna in quei casi, in cui gli effetti sono assai più ragguardevoli che colà, onde io vi comunico quanto segue sopra le dette acque e le loro circostanze.

L'acqua di Carlsbad sviluppa tanti vapori e gas acido carbonico, che per violenza di questi fluidi elastici saltò in aria, al principio del passato secolo, il tetto sotto al quale si trova il naturale serbatoio d'acqua. Ora, poichè allora si perforarono anche più addentro gli strati calcarei (imperocchè la bocca non di rado vien turata dai precipitati di calce) si vide come l'acqua nel grande serbatoio sotterraneo rimaneva in una violenta ebollizione, e in pari tempo svilupparvisi continuamente aria e vapori. Dipoi quando si rinchiuse di nuovo la gran bocca con una solida volta, fu astretta a passare per aperture propriamente a ciò destinate. Una di queste aperture forma appunto la gorgogliante sorgente; che l'acqua ne zampilli a tratti, e che non si accolga mai ad un alto getto dipende dall'aria, che si svolge contemporaneamente all'acqua, e cerca troppo vivamente il suo esito.

L'uscita alternativamente tanto veemente dell'acque dalle grandi fontane di *Geyser* e di *Strok* in Islanda, accenna ad una simile origine. Giusta le descrizioni di *Ohlsen* e di *Hooker*, con le quali consentono le notizie date da altri, si trova il bacino di Geyser gran tempo pieno d'acqua tranquilla; ma improvvisamente si sente un romore sotterraneo ed ella comincia a fare alcuni notevoli moti, e quando il maraviglioso spettacolo arriva al suo punto di splendore, rappresenta una colonna, che velata in nubi di vapore, è alta 100 in 200 piedi, e grossa 20 in 50 piedi. Dopo circa un quarto d'ora il getto terribilmente bello, che fa tremare anche la terra, si ferma. Veramente noi non siamo ancora ben chiari delle cagioni di questi fenomeni; ma è da congetturare che un fuoco sotterraneo e costantemente perdurante ivi sia in azione.

g) *I diavoletti di Cartesio.*

Ecco qua parecchie figurine di vetro. Qualsiasi di esse vi aggradi più da vicino osservare, voi scorgete sempre una pancia grossa e vôta, e a uno dei due piedi una apertura, che sta in comunicazione con lo spazio interno di quella piccola parte del corpo. Le figurine hanno dal loro inventore, il *Cartesio*, celebre fisico, il nome di *diavoletti cartesiani*. Io metto ora uno degli strani omicciattoli in questo vaso pieno d'acqua fino all'orlo, e lo chiudo poi ermeticamente per mezzo d'una vescica ordinaria. Ora ponete mente a quel che avviene! « Diavolo, va a fondo! Diavolo torna a galla! » Questi sono gli ordini che io do all'omicciattolo cornuto; e vedete! egli non lascerà mai di obbedirmi puntualmente ogni volta che io ripeto quelle parole. — Per quanto sia meraviglioso il suo scendere e salire, pure è facile a trovare la causa di questo fenomeno (chi me la sa dire?) Il bicchiere è colmo d'acqua. Se pertanto io premo con un dito la vescica tesa sopra di lui, anche il liquido, che si trova sotto, soffre allo stesso tempo una pressione, e una parte di esso cerca un rifugio nel corpo del diavoletto. Ora veramente quella cavità per ragione dell'aria, ch'è in essa, e che dee restringersi in un più angusto spazio, non può empiersi totalmente d'acqua; ma ne riceve almeno una tal quantità, che la figurina, essendo specificamente più grave che il liquido circostante, cade al fondo. Il simile avviene nel risollevarsi del diavoletto. Anzi l'aria è un tal fluido, che nello stesso istante, che cessa la pressione, la quale l'ha ristretta in un minore spazio, riempie il suo primo volume. Or che abbisogna dunque altro se non che io quando il diavoletto dee salir in alto, allontani quella pressione dalla vescica levando il dito? Facendo così l'aria si dilata nella cavità abdominale, caccia indietro l'acqua, e rende la figurina più leggiera che il liquido circostante. — Nella fig. 92 indica: 1. *ab* la *vescica* posta sul cilindro di vetro; 2. *l* una palla di vetro cava, che ha una piccola apertura in qualsiasi posto, ed è piena in parte d'acqua, in parte d'aria. È manifesto che la palla può non meno facilmente che qualsivoglia delle mie figurine esser fatta scendere e salire. Chi non pensa qui ai pesci, che ora salgono alla

fig. 92

superficie, ora scendono di nuovo al fondo dell'acqua? Il dire che in questi movimenti o dilatano o contraggono la loro vescica natatoria è giusto; ma non è giusto il dire che essi possono crescere o diminuire a piacere la quantità del gas nel detto apparato. Come sarebbe loro possibile di gonfiarsi come un mammifero! senza che la vescica natatoria non ha nessun canale di escrezione. La cagione di tutti questi fenomeni noi la troviamo meglio che altrove nei muscoli, che circondano la vescica, e che continuamente la comprimono meglio che non potrebbe avvenire dell'acqua. Secondochè questa pressione dei muscoli cresce o decresce, s'ingrossa o rappiccolisce anche il volume della vescica.

h) *Il fucile a vento.*

Nell'arma da fuoco la polvere spinge fuori la palla; nel fucile a vento la spinge fuori l'aria condensata. Rispetto al loro meccanismo noi distinguiamo i *fucili a vento antichi e moderni*: in quelli il serbatoio dell'aria condensata forma la così detta *camera a vento*, la quale è una palla, munita d'un collo, e fermata al dissotto del fucile appunto dietro al guardamacchie; nei secondi è in figura cilindrica, e sta al di dentro del calcio, che puo svitarsi a piacere, e ricommettersi facilmente con l'altra parte. In ogni caso il vecchio meccanismo dee anteporsi al nuovo; perchè una sfera, in cui l'aria condensata preme equabilmente per tutti i versi, è meno soggetta a scoppiare che un cilindro in cui quella pressione siegue inegualmente sui punti dell'interna parete.

La palla *a* (fig. 95) ch'è indubitatamente la parte più importante di un fucile a vento, è cava, ha pareti abbastanza grosse, ed è per solito di rame raffinato. Noi vi osserviamo innanzi tratto un tubo *bb*, avvitato in essa, e alla sua estremità più bassa ha una piccola apertura. Quest'ultima sta per di sotto in comunicazione con un piccolo maschietto *i*, e per di sopra col pistone *d*. Il pistone non solo chiude ermeticamente l'apertura superiore, ma anche *e* ed *f*, i due buchi laterali del tubo, ed è costantemente premuto verso l'alto in parte dall'aria rinchiusa, in parte da una molla di filo di metallo ritorto. — Volendo caricare il fucile a vento io svito la palla, metto in moto la tromba di compressione, do 50 in 100 colpi, e v'introduco in questo modo tal aria che farebbe ben contrappeso a 8 in 10 atmosfere. Dipoi io la fisso di nuovo all'arme. Se io premo poi la chiavetta, questa percuote per mezzo d'una punta *h* sul maschietto *i* che traversalmente per la canna e la cassa va nel collo della ca-

fig. 93

mera a vento, e arriva fino al pistone *d*. Quello che segue poi, è non meno chiaro. Costretto di andare ancora più abbasso, il pistone non serra più le aperture laterali *e* ed *f*; pertanto pel loro mezzo una parte dell'aria condensata entra improvvisamente nel collo *k*, e di qui uscendo nella canna dell'arme spinge fuori la palla o la migliarola con mirabile forza. A fine che l'aria rinchiusa non esca ad un tratto, la punta *h* sdrucciola prestissimamente via sopra il maschietto tostochè l'ha toccato, e dà così il modo al pistone di tornare nel suo stato precedente con la maggiore celerità. L'elasticità dell'indicata molla, ed ancora più la pressione dell'aria, devon qui prendersi principalmente in considerazione. Se la camera a vento s'empie d'aria al possibile, io posso ben tirare 8 in 10 colpi (i successivi saranno sempre più deboli) prima che io abbia a caricare di nuovo. Ma nel condensamento si usi gran precauzione! Se si aspiri tropp'aria nella palla, le sue forti pareti di rame si spezzano come vetro, e già per cotal negligenza furono spesso ferite persone, e in casi molto infelici anche uccise. Senzachè non si devono mai appendere fucili a vento carichi nelle stanze calde (perchè essi vi riescono tanto pericolosi?) — Se fosse possibile di spingere anche più oltre la condensazione dell'aria, produrrebbe indubitatamente, col mezzo dei fucili a vento, gli stessi effetti che

con l'arme a fuoco. Difatti anche la forza dell'artiglieria di grosso calibro è da ascrivere solo all'elasticità dell'aria. — La polvere da schioppo consta, come è noto, di una mescolanza di solfo, carbone e salnitro. L'ultimo corpo molto ossigenato, nella sua deflagrazione col carbone e col solfo, cede una parte del suo ossigeno a questi due corpi. Onde vengono a formare due acidi aeriformi, vale a dire l'acido carbonico e l'acido solforico, che riempiono uno spazio mille volte più grande che i corpi misti onde sono usciti. Appunto questa immensa dilatazione spinge la palla fuori della canna. Della formidabile potenza della polvere da cannone diamo solo un esempio.

L'accensione e scoppio di 60 quintali di questa polvere conservati in una torre a Danzica, scosse gli oggetti tre quarti di miglio attorno; un mezzo miglio lontano dal luogo del commovimento, volarono in aria palle, pietre ecc. Della torre si trovarono le fondamenta svelte dalla terra.

l) *La tromba aspirante.*

Parti necessarie di una così detta *tromba aspirante e a leva* sono: 1. il *tubo aspirante a* (fig. 94) che s'immerge nell'acqua, che dev' essere sollevata in alto; 2. la *tromba b*, tubo che v'è noto da gran tempo, cilindricamente incavato; 3. il *pistone p*, che forma ordinariamente un cilindro di legno o di metallo, arrotondato al tornio, e per solito rivestito di stoppa, empie esattamente lo spazio interno della tromba, e mediante la verga *g* che va a perfetto incastro pel buco *e*, può essere tratto su e giù; 4. il *tubo d'ascensione s* che all'ultimo ci dà l'acqua per la sua apertura di egresso; 5. finalmente tre *valvule*, che tutte si aprono di sotto in sopra, e delle quali *l* si trova all'estremità inferiore del tubo d'ascensione, *t* alla base del pistone, e *r*, l'animella aspirante, al fondo della tromba. — Ora presupponghiamo che il tubo aspirante *a* stia abbastanza profondo nell'acqua, e che il pistone *p* sia penetrato nel cilindro *b* tanto addentro quanto è possibile; ecco che l'animella *t* si chiude quasi instantaneamente che io comincio a trarre all'in su il pistone (qual è la causa di ciò?); le valvule *r* ed *l* all'incontro si aprono; *r* per la rarefazione dell'aria al di sotto, e *l* per la condensazione della medesima al di sopra del pistone. Tutto il processo vi mostra inoltre, come nello stesso tempo la pressione dell'aria deve diminuire nel tubo aspirante, e l'acqua dee salire più alto quivi stesso, perchè la forza dell'atmosfera è divenuta preponderante. Il levar in una volta sola il pistone non conduce per

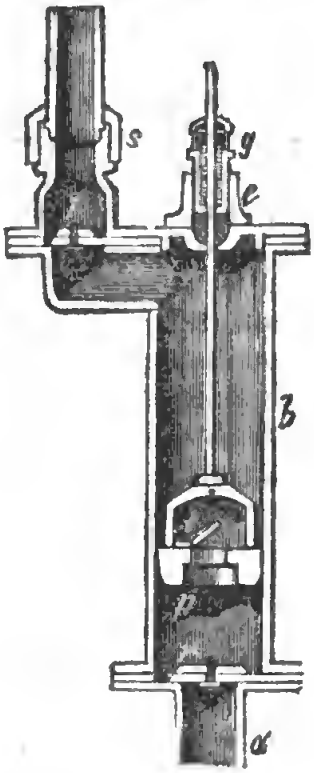


fig. 94

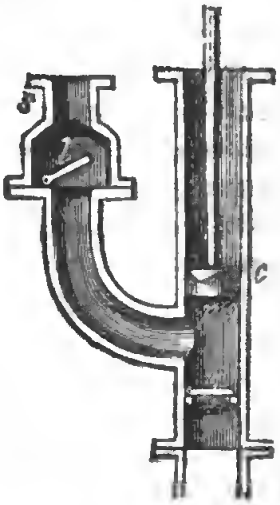


fig. 95

alcun modo l'acqua fino all'efflusso. Mentre io abbasso *p* per la seconda volta, io imparo a bene scorgere quanto sia importante l'animella aspirante *r*; ella chiudesi cioè subito, e costringe in certo modo l'aria, ch'è più o meno fortemente condensata al di sotto del pistone, a uscire per la valvula *t* nella parte superiore della tromba. Io tiro in su per la seconda volta il pistone, ed ho solamente a notare, che la superficie dell'acqua si leva di nuovo un poco nel tubo aspirante, e che di nuovo per l'animella *l* esce una quantità d'aria. Dopo un certo numero di colpi di pistone l'acqua stessa viene sopra la valvula *r*, ed entra nella tromba *b*. — Di più ogni valvula è sollevata solo dall'acqua, e ad ogni abbassamento del pistone una quantità di questo liquido penetra maggiormente per *t*, e arriva finalmente al tubo di sgorgo.

La tromba aspirante e premente (fig. 95) ha come la tromba aspirante e a leva un tubo aspirante *a*, un tubo d'ascensione *t*, una tromba *c*, ed un pistone *p*; ma gli manca la valvula nella parte ultimamente indicata. — Se noi tiriamo su il suo pistone, l'acqua penetra tosto per l'animella aspirante *r*; se noi lo caliamo di nuovo, è spremuta all'insù a traverso *l*, perchè *r* chiude l'apertura.

Per alzare il pistone d'una tromba aspirante, noi, fatta astrazione dell'attrito, dobbiamo applicare una forza, che vinca la pressione d'una colonna d'acqua, avente per base la superficie del pistone e per altezza la distanza verticale dell'apertura d'efflusso nel tubo d'ascensione dalla superficie dell'acqua nel tubo aspirante. — Ma voi sapete ancora perchè l'animella aspirante *r* non può stare sulla superficie dell'acqua più alto che 30 piedi?

k) *La campana del palombaro.*

L'arte di scendere al fondo del mare fu già diligentemente esercitata dagli antichi Greci e Romani. Ogni naviglio aveva più uomini, che aiutavano a levar l'àncora, e che cercavano di ritogliere all'abisso del mare tutti gli oggetti di cui al tempo della distretta erasi fatto getto. Anche le perle e le spugne levavan su costoro dal profondo del mare (chiamavansi palombari). — Volendo tuffarsi in mare per l'ultimo scopo indicato, si legavano al sinistro braccio una spugna imbevuta d'olio, ed una pietra di 20 in 30 libbre ai loro piedi; prendevano un coltello nell'una mano, un cestello nell'altra; si turavano di cotone i buchi delle orecchie e le narici, e si calavano prestamente in mare, raccomandati ad una corda avvolta al loro corpo ignudo. Anche al giorno d'oggi molti si sobbarcano a tale impresa. I pericoli a cui si espongono non sono meno numerosi che grandi. Lasciando stare che il pesce cane, questa terribile jena dell'Oceano, può facilmente divorarli, essi vanno non di rado in bocca alla morte, perchè quando hanno scosso la corda, e già hanno sciolta la pietra dai loro piedi non son tirati su abbastanza presto. — Pertanto la più calda riconoscenza si deve all'inventore d'un instrumento, che preserva dai più degl'indicati pericoli.

La campana del palombaro (così si chiama l'importante instrumento) è fatta ordinariamente di metallo, ha la forma di una campana di chiesa, ed una tale circonferenza, che alcuni uomini possono comodamente stare dentro di lei. Io ricordo qui specialmente la campana del palombaro dell'inglese Edmondo Halley. Questa era alta 8 piedi, rivestita di piombo, e alla sua estremità inferiore talmente caricata di pesi, che calandola in mare veniva a stare da per tutto verticalmente; superiormente ella aveva inoltre un cristallo grosso a volta, e nella sua circonferenza alcune doccie di cuoio. Il cristallo serviva al passaggio della luce; le doccie, che stavano in comunicazione con essa per mezzo di tubi, apportavano un'

aria fresca per un certo tempo al palombaro. — Con l'aiuto di un tale instrumento nel quale l'animoso siede o sta ritto, il pericoloso viaggio entro l'acqua riesce meglio; anche non dee preterirsi, ch'esso gli concede di tener la testa e la parte superiore del tronco libera dall'acqua. — Ogni campana del palombaro è comparabile benissimo ad un bicchiere, che sia con la sua bocca premuto nell'acqua. Ora rammentate l'elasticità dell'aria, e tutto quello che io già vi dissi sopra l'impenetrabilità de' corpi.

Quando gl'Inglesi, l'anno 1589, distrussero la invincibile armata di Filippo II, alcune di quelle navi andarono a fondo presso l'isola di Mull. — Ora un legno, a detta dei prigionieri, doveva contenere grandi tesori. Pertanto si fecero reiterati tentativi per mezzo della campana del palombaro per salvare qualche cosa; ma anche la più sforzata fatica rimase senza successo. — Più felice fu Guglielmo Phipps, figlio di un fabbro-ferraio, che aveva imparato a Boston l'arte di costruire i bastimenti. Egli trovò alla costa d'Hispaniola non solo il luogo ove era affondato un naviglio spagnuolo riccamente carico, ma trasse effettivamente a luce dal profondo del mare tesori straordinarii, che furono calcolati a 1,800,000 talleri. Egli ottenne di questa somma la quindicesima parte, vale a dire 120,000 talleri, e fu davantaggio fatto cavaliere dal suo re.

1.) *Le trombe da fuoco.*

Noi distinguiamo le piccole e grandi trombe da fuoco: *quelle*, che chiamiamo *trombe a mano*, sono troppo semplici, perchè sia necessario parlar qui del loro meccanismo; all'incontro *queste*, che si chiamano specialmente *trombe a fuoco* o *a incendio*, sono molto complicate, e abbisognano pertanto di una più particolare dichiarazione. Come in una macchina pneumatica a due trombe, così anche nelle trombe a fuoco sono la prima parte essenziale dell'utile apparato i cilindri *e e* (fig. 96) molto diligentemente lavorati, e in secondo grado d'importanza sono i pistoni *f f*, che perchè chiudano a perfetto incastro sono bene unti d'olio e ravvolti di cuoio sottile. = Le due trombe quando si adoperano stanno in una cassa piena d'acqua — I bracci, per mezzo dei quali i pistoni sono mossi su e giù, sono congiunti con una leva, che ha il suo punto d'appoggio in *m*. Come appunto in una tromba aspirante, così in una tromba a fuoco l'acqua è spinta nello spazio vuoto d'aria della tromba, tosto che il pistone è tirato su, e quando questo fa il movimento contrario, ell'è costretta a cercarsi un'altra uscita,

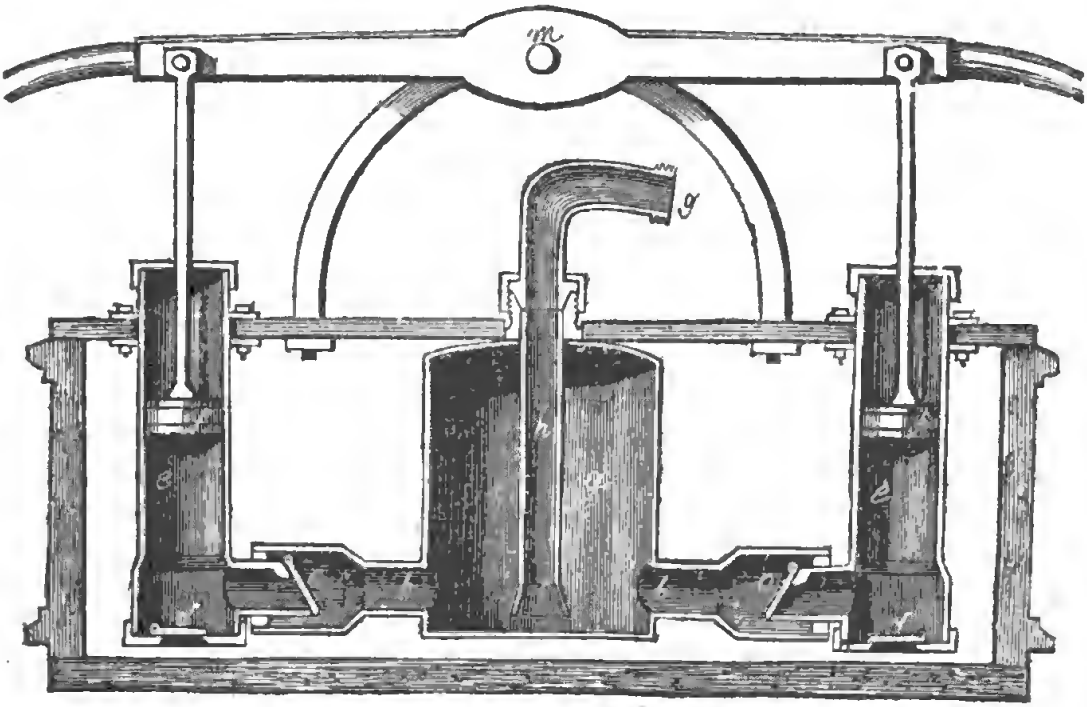


fig. 96

perchè la valvula *d* alla base della tromba *e* chiude di nuovo la predetta apertura. — Ella fugge nel tubo di gomito *b*, e di quivi per mezzo di un'altra valvula nel cannello *a*. Quante più volte i pistoni sono mossi su e giù, tanto più acqua entra nell'ultimo recipiente, tanto più è chiaro che l'aria ancora si condensa nella parte superiore di esso. Da quel momento la tromba a fuoco ha la più grande somiglianza col globo d'Erone. Il tubo *h* arriva quasi al fondo del serbatoio d'aria, ed ha in *g* avvitato il collo di cigno, vale a dire un tubo a bocca stretta. — Non di rado quel tubo rappresenta una doccia con una punta metallica. — Il medesimo è fermato nella parete del serbatoio d'aria, e precisamente vicino al fondo; dà, mediante la pressione dell'aria condensata, che è accolta in quel vaso, un forte getto d'acqua, e si distingue particolarmente dal collo di cigno in quanto si può mettere in qual direzione si voglia.

Vi sono bene ancor molti apparecchi, come p. e. la Tromba del prete, la Fontana intermittente ecc., che meriterebbero di essere qui spiegati; ma io tralascio, sperando che non vi sia diffi-

cile di comprendere la costruzione di tutte queste macchine, e di riferire tutti i fenomeni, a cui danno sì ottimi mezzi, alle loro cagioni.

§. 6.

Delle principali specie d'aria o di gas.

a) *Dell'aria respirabile o vitale.*

Ecco qui primieramente una scheggia di legno in ignizione. Appena io l'ho immersa nell'ignoto gas di questo recipiente erompe subito in fiamme, e spande uno splendore incomparabilmente più bello di quanto può mai fare nell'aria atmosferica. — Ecco qui inoltre una penna d'acciaio, che già arde fortemente alla sua estremità inferiore. Mentre ella si trova nell'aria misteriosa, risplende con straordinario chiarore, getta le sue faville per ogni verso, e arde, pari al legno, al carbone ecc., nell'aria atmosferica. Il terzo oggetto che io vi mostro è fosforo. — Ora in questa sostanza ponete mente non tanto al suo così facile infiammarsi, quanto alla circostanza, che, accesa e gettata in quel gas, manda uno splendore intorno a sè, che i nostri occhi non possono sopportarlo. — Il gas ignoto si mostra per conseguenza straordinariamente atto a produrre e a ravvivare il fuoco, e però non senza fondamento fu nominato *gas infiammabile.*

Di questi due vasi egualmente grandi, l'uno contiene il gas predetto, l'altro l'aria atmosferica. In ciascuno di essi passeggi un passere. Per impedire che vi trapeli nuova aria, io turo tutti i passaggi, e chiudo i due vasi ermeticamente. « Or come la fanno i poveri uccellini nella loro prigione? » Da principio si trovano a bastanza bene; ma poi entrano in uno stato miserabile, ch'essi ci danno particolarmente a conoscere col loro continuo rifiatare, e che finisce con la morte. Il passere ch'è nel vaso pieno d'aria atmosferica morì assai prima dell'altro; anzi questo, quando quello già da gran tempo giaceva morto, saltava attorno assai vispo. — Onde pare che il gas, che voi già avete imparato a conoscere sotto il nome di aria infiammabile, sia più appropriato alla vita, che l'aria atmosferica. E tale è di fatti, almeno per certi conti; anzi io aggiungo, che l'aria atmosferica solo in quanto racchiude una parte notevole di quel gas, può servire alla respirazione. — A ragione pertanto noi chiamiamo questo gas anche aria vitale.

Com'è noto, v'è un certo numero di sostanze che dai chimici si dicono acidi; io vi ricordo, per esempio, gli acidi carbonico, solforico, nitrico ecc. Perchè il gas infiammabile si trova anche nella più parte degli acidi, porta finalmente il nome di *ossigeno*.

Chi considera: 1. che la combustione non è altro che la combinazione del gas ossigeno con un altro corpo (ne parleremo più particolarmente nel trattato sul calorico); e 2. che anche pel processo della vita si consuma continuamente ossigeno (*) vien fatta quasi involontariamente la dimanda: *Ma come la natura svolge sempre di nuovo questa specie d'aria tanto necessaria?* Ella lo fa principalmente col mezzo delle verdi foglie e rami delle piante alla luce del sole. Imperocchè queste parti assorbono durante la notte l'acido carbonico; sotto l'influenza della luce del sole lo decompongono, conservano il carbonio per sè (la parte costituente precipua delle piante è il carbonio), e rendono l'ossigeno divenuto libero all'atmosfera.

Prima che io possa indicare le operazioni, che noi dobbiamo prendere a fare quando vogliamo preparare dell'ossigene, noi dobbiamo prima imparare a conoscere un instrumento importante, indispensabile ai chimici. Intendo il gazometro. — Consta principalmente di due cilindri di rame, o di latta verniciata. — Il primo A (fig. 97) ha circa un'altezza di 16 pollici e un diametro di 10; inoltre in *e* un tubo corto orizzontale, munito di una chiavetta, come anche di una spira; finalmente ha in *d* un'apertura, che si volge per di sopra e può esser chiusa per mezzo d'un sughero o di una vite. — L'altro cilindro B posa sopra tre sostegni, fermati sul coperchio un poco arcuato di A, è alto 5 in 6 pollici, ed è ora messo in comunicazione, ora no col cilindro inferiore per mezzo di due tubi *b* ed *a*, secondo che giriamo le loro chiavette. Il tubo *a* si trova precisamente nel mezzo, e non può raggiungere il cilindro inferiore; ma il tubo *b* scende quasi sino al fondo di

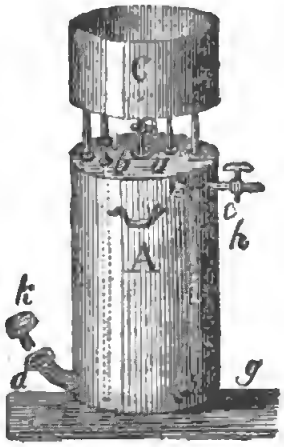


fig. 97

(*) L'aria inspirata entra, come è noto, nei polmoni. Quivi una parte del carbonio, che si trova nel sangue, si combina con l'ossigeno; forma l'acido carbonico, ed è come tale espirato di nuovo. Questo processo della formazione dell'acido carbonico, è la sorgente del calore animale. Naturalmente le funzioni della vita devono cessare, quando manca un corpo necessario a questo processo.

questo recipiente. — La spira che si trova in *e* ha solo lo scopo di far avvitare a piacere al tubo corto altri tubi ed aperture di efflusso. — Volendo introdurre un qualsivoglia gas in A, io chiudo prima il buco in *d*, apro tutte tre le chiavette, e lo colmo tanto d'acqua (l'acqua in questo va naturalmente dal cilindro superiore nell'inferiore) finchè l'ultima scorrerà presso alla spira. — Poi io giro la chiavetta del tubo corto, vale a dire io vi chiudo l'apertura. Mentre io introduco altr'acqua in *b*, io caccio in pari tempo il resto dell'aria che vi si è trattenuta (se ne va pel tubo *a*) All'ultimo io chiudo anche le chiavette o robinetti dei tubi *b* ed *a*, ma traggo fuori il sughero in *d*. L'uso ulteriore del gazometro vi sarà chiarissimo nella preparazione artificiale dell'ossigeno.

Ecco qui una bottiglia di ferro fuso, una canna di pistola stropicciata, un sughero perforato, un tubo di vetro dritto, un tubetto di gomma lacca, un tubo di vetro curvo, e una in due libbre di manganese in polvere. — Messa che ho questa sostanza nella bottiglia, io congiungo tutte le sei parti a perfetto incastro l'una con l'altra, e precisamente nell'ordine in cui le ho nominate. — Dipoi scaldo la bottiglia in una stufa. Durante questa operazione io provo iteratamente se una scheggia di legno in ignizione s'infiammi avanti alla bocca del tubo di vetro curvo (al principio esce qui un poco d'acqua), e non perdo tempo a fermare esso tubo nella bocca *d* del gazometro, appena è venuto quel punto. — D'allora in poi le bollicine del gas ascendono senza interruzione nella parte superiore del cilindro A, e cacciano fuori sempre maggior acqua in *d*. — Fino a qual punto il cilindro sia pieno di gas, io lo vedo nel tubo di vetro *fg*, che sta sopra e sotto in comunicazione col vaso. Se non si sviluppa più alcun gas, io allontano la bottiglia con tutte le sue appartenenze, e chiudo la bocca in *d*. All'ultimo io apro le chiavette *a* ed *e* nei due noti tubi, e godo il piacere di vedere effluire il gas in *e* con una celerità che corrisponde alla pressione della colonna d'acqua nel tubo di vetro *b*. — È chiaro che io posso ora instituire tutti i suddetti sperimenti di combustione.

L'ossigeno è un costituente della più parte dei corpi, un componente assai importante dell'acqua, e dell'aria atmosferica, e non ha nè colore, nè odore, nè sapore. — Noi ce ne serviamo per richiamare in vita gli asfissiati, e per mantenere il fuoco da fondere artificiale. Ogni corpo, che si unisce con lui, costituisce un ossido, ovvero una combinazione ossigenata. — In molti casi l'ossidazione è accompagnata da uno sviluppo di luce e di calorico; in altri no, come per esempio nella ruggine dei metalli. Chi ha imparato a conoscere che l'ossigeno è assolutamente necessario in

ogni combustione, si condurrà saviamente nei pericoli d'incendio, se già non perde la testa, e farà estinguere la fiamma forse anche prima ch'ella abbia veramente fatto irruzione. — Se si attacca fuoco in una cantina egli tura tutti i buchi con fimo, per impedir l'entrata all'aria esterna; se scoppia il fuoco in una gola di cammino, egli ne chiude non meno presto l'apertura inferiore e superiore. In ambedue i casi il fuoco si spegne naturalmente per mancanza d'ossigeno.

Se il fabbro nella sua fucina, quando egli vuole arroventare il ferro con poco combustibile, alza e abbassa vivamente il suo mantice; se l'orefice, per ridurre a liquidità i metalli nobili, prende il suo cannello da saldare, e soffia con esso diligentemente sulla fiamma; se il fuoco nella stufa arde tanto meglio sul focolare, quanto l'aria passa maggiormente fra i diversi ciocchi; se ogni incendio, che sorge quando soffia un vento violento, porta gran pericoli ecc., tutti questi fenomeni potrà spiegare a se medesimo, ciascuno che sappia in qual relazione stia l'ossigeno con la fiamma.

b) *Dell'aria irrespirabile.*

Che in questo vaso che io vi presento si contenga solo aria atmosferica, lo mostra abbastanza la circostanza ch'io ne rivolgo l'apertura ora all'insù, ora all'in giù. — Come già feci nell'aria vitale, così voglio io ora ardere una quantità di fosforo nell'aria comune. — Tuttavia prima di farlo, io debbo aver cura che nel mio vaso non penetri nuova aria, e che inoltre quella sostanza arda tanto finchè si spenga da se medesima. Fatto che sia l'esperimento, io esamino qual proprietà abbia l'aria del mio vaso. Voi già ne conoscete una; vale a dire che il fosforo, questa sostanza per altro sì facilmente infiammabile, non era ancora del tutto arso, che già il fuoco era spento; prova che la nuova specie d'aria è tanto nemica al fuoco, quanto l'aria vitale gli è amica. Io pongo poi un topo nello spazio indicato. Ma non appena è entrato nella prigione che cade già morto. — Onde la nuova specie d'aria è direttamente opposta al gas ossigeno anche per questo che l'animale non vi può nè respirare nè vivere. — Invece di mostrarvi parecchie altre sue proprietà, io amo meglio dirvi subito che anch'essa merita di essere più particolarmente conosciuta, e che voi avete molte altre cose a sapere sul suo conto. 1. Essa porta il nome di gas irrespirabile o gas azoto. — 2. Quell'azoto che io ho ottenuto nel mio recipiente mediante la combustione del fosforo (non meno bene mi avrebbe potuto servire lo spirito di vino) voi non dovete per nessun conto

tenerlo per puro; perchè il fuoco si spegne, un animale muore, prima che l'ultimo resto d'ossigeno sia stato consumato. — Io non ottengo questa sostanza perfettamente sincera che quando io ho sbattuto una quantità d'aria atmosferica con una soluzione di solfuro di potassio. Imperocchè il potassio consuma l'ossigeno; ma il gas idrogeno solforato, che così viene a formarsi, è rimosso mediante il suo diguazzamento con l'acqua di calce. — 3. Il gas azoto per se stesso non è nocivo. — In generale non dovete mai confondere i gas *realmente velenosi* e i gas semplicemente *non atti alla respirazione*. I *primi*, come il cloro, e quell'acido che si forma nella combustione dello zolfo (pensate a quando s'accende un solfanello) provocano subito la tosse, mozzano il fiato, e attaccano il polmone; i secondi, come l'azoto, l'acido carbonico, il gas idrogeno ecc., non esercitano alcun influsso pregiudicievole sul detto organo, e pertanto, misti in sufficente proporzione con l'ossigeno, possono essere respirati. — 4. Forma circa 4/5 della nostra atmosfera. — Precisamente l'aria comune consta in volume di 79 parti d'azoto e 21 d'ossigeno. Tutti gli esperimenti che si fanno per mezzo del così detto Eudiometro (misuratore della bontà dell'aria) hanno sempre condotto al risultato, che il rapporto indicato dell'ossigeno all'azoto rimane identico sopra tutti i punti della superficie della terra, ad ogni altezza e profondità, in tutte le stagioni ecc. Tuttavia questi gas non si combinano mai chimicamente. — Ora io vi mostro un'altra curiosa singolarità.

In questo vaso è acqua, in quello olio; io metto subito i due liquidi in uno stesso vaso, e scorgo così di nuovo (a che ho instituito questo esperimento la prima volta?) ch'essi si sono collocati l'uno sopra e l'altro sotto secondo l'ordine della loro densità.—Il simile avviene in tutti i corpi liquidi, incapaci di qualsiasi chimica combinazione. Qui io ho poi in un bicchiere *a* (fig. 98) del gas idrogeno, e in un altro *e* dell'acido carbonico; pertanto due specie d'aria che appena possono essere più diverse rispetto alla loro densità. — Intendendo mostrarvi che i corpi gaseiformi non si stratificano per nessun conto come i liquidi secondo il loro peso specifico, io metto in comunicazione i miei due recipienti per mezzo di un tubo *d*, ma apro le sue chiavicine allora soltanto che la boccia dell'idrogeno è venuta a star sopra. — « E qual è il risultato di ciò? » Il gas idrogeno va per metà nella boccia inferiore; l'acido carbonico per metà nella superio-

fig. 98

re; brevemente ciascuno dei due gas si spande in tutto lo spazio così equabilmente, come se l'altro non vi fosse. Ma quello che si avvera dei due gas, è vero anche della mescolanza di più d'essi. — L'espansione dei vapori segue sempre nel modo detto.

Oltre l'idrogeno e l'azoto, l'aria atmosferica contiene ancora vapori acquei, e un poco d'acido carbonico in quantità variabile.

c) *L'aria infiammabile.*

Questo stretto tubo, che sta in comunicazione con un vaso discretamente largo, è ancora chiuso; ma io giro la sua chiavetta, e vi passo sopra un lume acceso. Ed ecco sorgere una fiamma turchiniccia, nel vero assai calda, ma di poco splendore. — Voi vedete chiaramente che qui debbe essersi acceso un gas; ma quale? e come è entrato nella bottiglia? Si risponda prima all'ultima dimanda. — Io non aveva a far altro cioè che empiere in parte la bottiglia d'acqua e d'acido solforico e gettare alcuni pezzetti di zinco nella mescolanza che ne risulta. Il processo nella stessa bottiglia è assai semplice; l'ossigeno dell'acqua passa nei pezzetti di zinco; l'altro componente di lei diventa libero e sale alto in forma di bolle. L'ultimo è appunto il gas facilmente accensibile, e porta il nome d' idrogeno. — *L'aria infiammabile* (così chiamasi ordinariamente il gas idrogeno) non si trova mai puro in natura, ma mescolato assai spesso con altre sostanze diverse.

L'idrogeno, che noi conosciamo solo come gas, è *circa 13 in 14 volte più leggiero che l'aria atmosferica, è un costituente precipuo dei corpi animali e vegetali, e senza colore, odore e sapore.* — Esso non è atto nè a respirare, nè a mantenere il fuoco. — Unito con l'ossigeno nella proporzione di 2 a 1 forma il *gas fulminante*, la cui accensione causa un'esplosione violenta, e in certe circostanze sommamente pericolosa — (nel fare tali sperimenti si adoperi pertanto grande cautela). L'aria atmosferica, per esempio, ch'esce mano mano dal vaso di vetro, disposto nel modo preindicato, ci può assai facilmente fare in pezzi tutto l'apparato, quando il gas ossigeno si unisce con questo gas, perchè noi accendiamo troppo presto l'idrogeno sviluppato.

Il gas, che quasi sempre si solleva quando noi ficchiamo un bastone or qua or là in una palude assai melmosa, è gas idrogeno carbonato (si chiama anche *gas oleificante*); consta di quattro parti d'acqua e due parti di carbonio; e non può, posciachè non s'accende spontaneamente, essere riputato la cagione dei fuochi

fatui (*). Al gas idrogeno carbonato è assai simile il gas delle fosse, nel quale sopra una parte in peso di carbonio si trovano quattro parti in peso d'idrogeno, e si sviluppa principalmente nelle miniere, e dai corpi in putrefazione. Presupposto che siasi mescolato nelle fosse o scavi con l'aria atmosferica, produce, quando per sventura viene a contatto col fuoco, una violenta esplosione. — Quanto è adunque importante pei minatori la *lanterna di sicurezza di Davy!* Questa lanterna senza pericoli nacque dalla scoperta, che la fiamma non passa a traverso un fitto tessuto di filo metallico. Ora io richiamo i vostri sguardi 1. sulla *macchina d'accensione dell'idrogeno*; 2. *sul grande apparato dell'illuminazione a gas delle strade, teatri, grandi case ecc.*; finalmente 3. *sull'invenzione dei globi aerostatici e la loro costruzione.*

1) *La macchina d'accensione dell'idrogeno.*

La prima parte principale di questa macchina è una boccia D (fig. 99) con lungo collo; la seconda una boccia o recipiente A assai più capace; in essa è fitto il collo di D, ma non può toccare il fondo; la terza un tubo corto, che sporge in fuori orizzontalmente all'estremità superiore della boccia A ed è munito di una chiavicina E e di una sottil punta *t*. Per apparecchiarle ai fini intesi, io verso in A una mescolanza d'acqua e d'acido solforico, appendo all'estremità inferiore del lungo collo un cilindro cavo di zinco R, e unisco le due bocche ermeticamente l'una con l'altra. Il gas idrogeno che comincia subito a svilupparsi, sale in alto, preme poi sul liquido che si trova sotto di lui, e lo caccia sempre più indietro nella boccia D. Finalmente anche il cilindro R sorpassa l'acido. Se io ora giro la chiavetta E, il gas idro-

(*) I fuochi fatui assomigliano a lumi ardenti in lontananza che si muovono ora per questo ora per quel verso. I cimiteri, i campi di battaglia, i prati paludosi ecc., sono il loro ordinario soggiorno. Per sventura noi non conosciamo ancora esattamente il gas che li genera; ma secondo ogni verosimiglianza potrebb'essere il gas idrogeno fosforato, che s'infiamma all'aria spontaneamente. — Che il menomo soffio di vento cacci i fuochi fatui da un luogo all'altro, è argomento della gran leggerezza del gas che quivi esercita la sua forza.

Secondo i racconti che la storia ci ha conservati, i fuochi fatui devono essere stati in antico assai più frequenti che al presente (oggi alcuni mettono in dubbio la loro esistenza); verosimilmente perchè le foreste erano più folte, i paduli più estesi. Così il popolo cessasse una volta di tenerli per spettri, spiriti maligni ecc., il cui maggior piacere consiste nello spaventare e atterrire gli uomini!

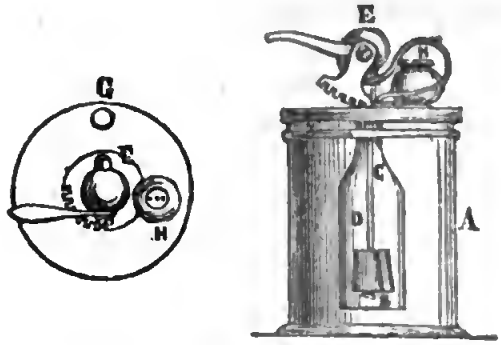


fig. 99

geno fortemente condensato esce dal beccuccio *t*, e accende la piccola spugna di platino postagli innanzi in quella parte. Per quanto la forma delle macchine d'accensione dell'idrogeno possa esser diversa, il meccanismo rimane in esse sempre il medesimo.

2.) *Il gazometro dell'illuminazione a gas.*

Del gazometro, che è adoperato all' illuminazione a gas, voi avete una fedele imagine nella figura 100. — Il suo cilindro è di

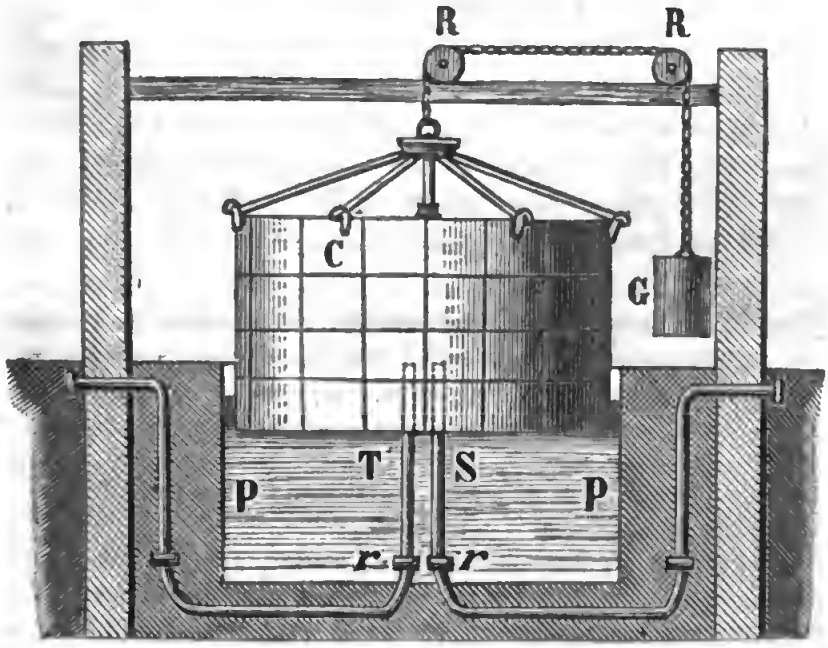


fig. 100

lamina di ferro, ha un diametro di 30 piedi almeno, è superiormente chiuso, immerge inferiormente in una gran cisterna piena d'acqua, e mantiene per l'intiero suo peso il gas idrogeno carbonato, che gli è addotto da uno apposito apparato, sotto una pressione, che vince la pressione dell'atmosfera. Ma rispetto all'ultima circostanza, anche l'acqua al di fuori del cilindro raggiunge un'altezza più considerevole che dentro al medesimo. La mia figura vi mostra non solo queste cose, ma due altre ancora; 1. un peso che rende minore ed anche più regolare la pressione sofferta dal gas; 2. quel tubo, che ascende dal di sotto, la cui estremità superiore aperta si trova sopra la superficie dell'acqua nel cilindro, e che si parte in una quantità di tubi stretti di piombo o di latta bianca o stagnata. Gli ultimi conducono a lumi, da cui il gas, quando si gira la chiavetta, esce con una velocità, che corrisponde alla pressione nel gazometro. — Nell'empiere il cilindro si dee badare che l'apparato di preparazione del gas sia in comunicazione con l'interno del gazometro. Per altro il gas idrogeno carbonato, a cui formare altri si vale del carbon fossile, spande la più bella e chiara luce senza odore e senza alcun fumo.

3) *Il globo aereostatico.*

Fin dai tempi più antichi gli uomini hanno fatto tentativi di sollevarsi in aria come uccelli (a ciò allude indubitatamente la favola di Dedalo ed Icaro), ma quei conati riuscirono quasi tutti infelici, anzi non di rado gli audaci esperimentatori vi perderono la vita. Cotali successi non animarono l'imitazione. — Ma quando l'inglese Cavendish intorno all'anno 1766 ebbe fatto l'importante scoperta che l'aria infiammabile è 10 in 12 volte più leggiera che l'aria atmosferica, alcuni ripresero a fare quegli esperimenti, e il dottore Blank in Edimburgo fu il primo a calcolare che una vescica piena di questo gas dovrebbe sollevarsi nell'aria comune. Così egli, come parecchi altri dopo lui fecero molti esperimenti a ciò relativi; ma non riuscirono ad altro che a veder levarsi in aria delle bolle di sapone piene d'aria infiammabile, e scoppiare al palco della stanza. — Proprii inventori della navigazione aerea sono Stefano e Giuseppe Montgolfier. Alla metà di novembre 1782 il fratello maggiore riuscì a far salire nella stanza fino al palco, e nel giardino a 36 piedi d'altezza un alto parallelepipedo, ch'avea 40 piedi cubi di capacità ed era fatto di taffetà di Lione, col rarefare grandemente l'aria contenutavi col bruciare della carta. Un'altra macchina di capacità di 650 piedi cubici si

alzò con eguale successo. Allora primamente i due fratelli risolverono a fare il tentativo in grande, e prepararono pertanto una macchina di tela di 110 piedi di circonferenza, di circa 23,000 piedi di capacità, e secondo la loro propria relazione al sommo di 500 libbre di peso. — Il peso dell'aria rinchiusavi entro superava 2000 libbre. — Ora supponiamo che essi facendo un fuoco di paglia sotto l'apertura della macchina riducessero l'aria rinchiusa alla metà della sua densità originaria; ecco che il pallone non pesava più che un 1500 libbre, ed era per conseguenza di 500 libbre più leggiero che una quantità della più bassa aria atmosferica di egual volume. — Quello ch'essi aspettavano, avvenne; vale a dire il pallone tutto pieno di pieghe posto sopra un impalcato si dilatò, e prese la forma di una sferoide; lasciata andare la corda, si sollevò in 10 minuti fino all'altezza di circa 6000 piedi, e ridiscese sulla terra 7200 piedi lontano dal luogo dell'ascensione. — Questo primo esperimento, fatto il 5 giugno 1783 a Annonay nella Francia meridionale, eccitò da per tutto, specialmente a Parigi, un'immensa sensazione, e mise in gran moto non pochi pensatori.

Tra essi il professore Charles merita uno dei primi seggi d'onore. —Egli fu il primo che concepì il felice pensiero di servirsi dell'idrogeno per gonfiare il pallone, e riconobbe *pericolo* e *difficoltà* nei palloni aereostatici di quella forma che si facevano dai fratelli Montgolfier; pericolo, perchè il fuoco contenuto nella barchetta poteva apprendersi ad essa o anche alle pareti del pallone; difficoltà, perchè bisognava crescere o diminuire il fuoco secondo che l'aeronauta doveva andar più alto o più basso. — « Ma chi potrebbe far l'uno e l'altro? » Volendo far ascendere in aria un pallone, egli cercò innanzi tratto d'un velo, che alla necessaria leggerezza congiungesse l'importante proprietà di non lasciare verun passaggio al gas. Dopo parecchi sperimenti, egli lo fece di taffetà, e lo rivestì di una vernice di gomma elastica; riuscì perfettamente. — Quando il pallone fu gonfiato, il 22 agosto 1783, un colpo di cannone annunciò il principio del magnifico spettacolo; le corde, a cui era legato, furono tagliate, ed egli in 2 a 3 minuti si alzò circa 3000 piedi, si perdè entro una nuvola, si mostrò poi di nuovo un poco, e in ultimo sparì dalla vista della plaudente moltitudine. Dopo circa tre quarti d'ora egli ridiscese a terra in vicinanza d'un villaggio lontano da Parigi due miglia. — Due villani, che si trovavano colà occupati in lavori di compagna, corsero verso il pallone, che supponevano essere un animale; nessuno di loro da principio s'accostò alla gran macchina; solo, quando videro che giaceva là immobile, l'uno d'essi fece animo, vi si appressò, e cacciò il capo per una

rottura ch'aveva sofferto durante il viaggio aereo. Egli avrebbe potuto pagar facilmente con la vita questa curiosità, perchè v'era ancora rimasto un poco d'aria infiammabile fetida e al tutto inetta alla respirazione. Tutti e due legarono finalmente il pallone alla coda d'un mulo, e lo strascinarono fino alla porta del loro curato.

Allora i viaggi aerei continuarono l'un dopo l'altro. Dopo poche settimane uno dei Montgolfier fece ascendere a Versailles una macchina di questa specie, che avea un'altezza di 60 piedi e un diametro di 40, ed ebbe il piacere di vedere tornar a terra in buon essere la pecora, la gallina e l'anitra, che doverono partecipare al viaggio aereo entro una cesta. — Allora egli e *Pilatre de Rozier* si disposero davvero a fare essi stessi un'ascensione; De Rozier s'esercitava quasi ogni giorno nella nuova arte e prese seco dei strofinacci di paglia per nutrire il fuoco e poter rimanere più a lungo in aria.— Il giorno sommamente memorabile in cui egli e d'*Arlandes* si sollevarono in aria a vista d'innumerevole moltitudine è il 21 novembre 1783. — Verso le due pomeridiane essi si levarono in aria dal Castello La Muette entro un pallone, ch'essi avevano impiegato otto minuti a gonfiare d'aria atmosferica rarefatta. Che spettacolo! Eran passate migliaia d'anni, e nessuno aveva avuto ancora l'audacia di avventurarsi e dileguarsi superando monti e nuvoli nell'infinito azzurro del cielo. — Allora per la prima volta si vide un tale spettacolo, e nel vero, nè potea essere diversamente, con angosciosa sollecitudine. Non vi fu batter di palme, non vi furon grida di plauso della moltitudine adunata. — Volendo fare alcune ricerche sulla forza con la quale il pallone si alzerebbe, Montgolfier commise agl'inservienti di non lasciar andar subito le corde a cui era attaccato. Questo violento ritegno cagionò uno strappo nella parte superiore della macchina. Quanti altri avrebbero tenuto un tal fenomeno per un presagio d'ammonimento, e si sarebbero spaventati per sempre dal temerario viaggio! Non così Rozier e d'Arlandes. Quando i luoghi danneggiati furono accomodati, essi montarono per la seconda volta nella macchina, si abbandonarono al vento, e dall'alto tranquillarono gli spettatori con reiterato sventolar dei cappelli e dei fazzoletti. La moltitudine ora pareva un mucchio di formiche, ora spariva dalla loro vista. — Il marchese d'Arlandes, sommamente rapito dall'insolito spettacolo, dimenticava il compito assegnatogli, tantochè Rozier dovè gridargli: « Voi non fate niente; noi già non ascendiamo più ». Quando egli poi gettò nella fiamma una troppo grande forcata di paglia, il pallone si levò con una spaventevole velocità. All'improviso essi sentirono uno scoppiettlo nella parte superiore; anche sentirono, mentre essi a vi-

cenda ascendevano e discendevano, una scossa particolare. Un secondo scoppiettio eccitò di nuovo la loro ansietà. — Ma quando essi fecero poi le necessarie osservazioni più esattamente che la prima volta, videro che il fuoco aveva fatti alcuni buchi nella parte inferiore della macchina, e che anche la galleria, che per altro era fatta solo di leggieri vetrici, non voleva più star salda in molti luoghi. In tali congiunture non era più buon consiglio il trattenersi ancora in alto; essi adunque, dopo aver prima con una spugna bagnata spento il fuoco nei luoghi più pericolosi, presero a scendere, e goderono in breve l'ineffabile gioia di toccar felicemente la terra dopo 25 minuti. — D'Arlandes fu condotto in trionfo a corte dall'accorsa moltitudine. — Rozier, che nello smontare era stato in gran pericolo di morire bruciato, non potè mostrarsi in camicia alla giubilante moltitudine. Imperocchè questa aveva fatto in pezzi l'abito ch'egli s'era levato, e ora se ne contendea i frammenti come fosse una reliquia. Alcuni giorni dopo, vale a dire il 1° decembre 1783, Charles e Robert si misero ad un secondo viaggio aereo; in una grande piazza di Parigi montarono nel battello del loro pallone gonfio di gas idrogeno, e a vista di 300;000 persone si levarono prestamente fino ad un'altezza di 1800 piedi. Finalmente sparirono del tutto dagli occhi della moltitudine. Non curanti di qualunque pericolo, che avrebbe potuto loro sì facilmente incontrare, poggiarono negli alti ed ampii spazii dei cieli, e si rifocillarono di vivande e bibite, che avevano portato seco per loro ristoro. Finalmente essi discesero di nuovo felicemente a terra. Robert uscì tosto dal battello; Charles intanto, che aveva risoluto di levarsi di nuovo in aria, restò nel pallone. Egli facilmente poteva pagare con la vita questo ardimento. — Alleggerita, per esserne uscito Robert, di 130 a 140 libbre, la macchina si sollevò di nuovo, arrivò in pochi secondi all'altezza di 9000 piedi, e sarebbe senza fallo scoppiata, se il prudente aeronauta per mezzo d'una valvula che in quella si trovava, non avesse dato l'uscita ad una quantità del gas rinchiuso. Quella valvula dispone veracemente della vita e della morte dell'aeronauta. Quando Charles per la seconda volta si levò alto, il sole tramontò appunto per gli abitanti di Parigi; ma egli raggiunse di nuovo il re del giorno, e godè il magnifico spettacolo di veder sè e il suo battello nello splendore di quel possente astro, mentre la terra era già ammantata di tenebre. — Correndo sempre per lo dolce azzurro del cielo, egli stette lungamente pensoso, mirò la sterminata profondità dello spazioso universo, e vide come dalle valli e dai fiumi si sollevavano innumerevoli particelle di vapori, come

una nuvola dopo l'altra saliva d'in su la terra, e lui, il solitario, quasi amicamente salutavano. — Finalmente il sole tramontò la seconda volta per lui, e la luna illuminò il sublime spettacolo della natura. — Dopo circa una mezz'ora, calcolata dal tempo dell'ascensione, sbarcò il celebre uomo dolcemente e felicemente sopra un campo maggese.

Tra gli aeronauti che vennero dopo si è segnalato singolarmente *Blanchard* pel suo zelo nella nuova arte; fu egli, per esempio, che provvide la sua macchina di ali e di remi per farla ascendere e discendere a piacere. Ma il successo non corrispose alle sue aspettative. Poichè egli già avea fatto parecchi viaggi aerei, risolvè di traversare a volo il canale, largo 5 miglia, che parte l'Inghilterra dalla Francia; e montò a tal fine, il 7 gennaio 1785 verso un'ora pomeridiana, il battello fatale, accompagnato dal dottor Jeffrie, intrepido americano. — Al silenzio universale che a principio regnava anche questa volta tra gli spettatori, successe in breve, quando egli li salutò sventolando una bandiera, un giubilo indescrivibile. — Dopo 2 ore 32 minuti egli smontò felicemente a terra un miglio lontano da Calais. — Al suo ingresso in questa città sonarono le campane, tuonarono i cannoni, ed egli stesso fu donato del diritto di cittadinanza.

Ma non tutti i viaggi aerei andarono secondo il desiderio. *Pilatre de Rozier*, p. e., volle (non si conosce su quai fondamenti) unire l'aria atmosferica rarefatta col gas idrogeno, e adattò a questo effetto due palloni l'uno sopra l'altro, di cui l'inferiore era pieno d'aria, il superiore d'idrogeno. Non era questo mettere una stufa sotto un magazzino di polvere? — Egli morì quando pensava di attraversare in direzione inversa il canale tra l'Inghilterra e la Francia, vittima della sua infelice invenzione.

Ora vi sono tre domande a cui io debbo rispondere per concludere il mio discorso sopra la navigazione aerea: 1. *quali pesi solleva un pallone di determinata grandezza?* 2. *a che si calcola la sua forza ascensiva?* 3. *quali mezzi posseggono gli aeronauti per far ora ascendere ora discendere la loro macchina?*

Io espongo la risposta alla prima domanda in due esempii, di cui l'uno si riferisce ad un pallone pieno d'idrogeno, ed il secondo all'incontro ad un altro pieno d'aria atmosferica rarefatta. — Quella piccola macchina, che si fece salire a Brunswick nel 1784, aveva 5 piedi di diametro, pesava una libbra e 8 loth, e conteneva 5 libbre 20 loth d'aria atmosferica. Ora voi sapete quanto cotal aria ne spostava, e quanto essa, immersa nella medesima, perdeva del suo peso assoluto. Se noi sottragghiamo 1 libbra 8

loth, da 5 libbre 20 loth, nel resto, vale a dire in 4 libbre 12 loth, noi abbiamo il peso di cui era più leggiero che una quantità egualmente grande d'aria comune. — Il gas idrogeno poi, che s'accoglieva nella macchina, pesava 1 libbra 12 loth. — Se noi togliamo questo peso dalla sopraddetta differenza, non ci restano che 3 libbre. — Queste determinavano la forza ascensiva. « Non doveva il pallone per conseguenza levarsi in alto quasi con la velocità d'un freccia? » — Il gran pallone, che Mongolfier fece salire il 5 giugno 1783, aveva 35 piedi di diametro, e pesava, a detta dello stesso costruttore, 500 libbre. Ma una macchina di tal perimetro è circa 1656 libbre più leggiera che una quantità egualmente grande d'aria atmosferica (11 piedi cubi di quest'aria pesano circa 1 libbra) ch'essa sposta. Tuttavia non arrivò a questo punto la forza ascensiva di quel pallone; imperocchè l'aria nell'interno era al più rarefatta di una metà; e pertanto aveva ancora una gravità di 1078 libbre. Solo quando voi avrete sottratto questo peso di 2156 libbre, voi avete nel resto, cioè in 578 libbre, la forza onde quella macchina si levò in alto. — Qui non si parla del suo carico.

Tosto che il pallone comincia a salire, egli passa a ciascun istante ad un'atmosfera più sottile, e che lo preme meno; s'egli pertanto già fosse perfettamente pieno al basso, l'aria interna, in virtù della sua elasticità, lo tenderebbe fortemente, e minaccerebbe di farlo scoppiare. « Quali regole di cautela se ne deducono per l'aeronauta? » Le più importanti sono che, 1° egli metta al suo pallone una valvula per lo cui mezzo fa uscire quant'aria vuole; e 2° ch'egli non empia tanto il pallone d'idrogeno, che nell'istante della salita sia perfettamente gonfio. Sia per esempio un pallone alla superficie della terra pieno solo per metà d'idrogeno, e dotato così della necessaria forza ascensiva. — Precisamente nella stessa misura ch'esso si solleva, si dilaterà anche il gas che si trova in lui, in quanto cerca sempre di far contrappeso alla pressione dell'atmosfera; nella stessa proporzione poi, in cui la gravezza dell'aria esterna si restringe verso l'alto, cresce il volume del pallone. La forza ascensiva rimane per conseguenza inalterata anche nei più elevati strati dell'aria.

Gli areonauti si servono di diversi mezzi per far andare la macchina a loro piacere; io ve n'ho già fatto notare uno, cioè l'aprire e il chiudere d'una valvula nella parte superiore del pallone; un altro mezzo consiste nel portar seco alcuni sacchi pieni d'arena. S'egli vuole salire più alto, getta fuori una parte di questa roba, e diminuisce così il peso del pallone. — Qualunque sia però l'al-

tezza a cui vuole elevarsi, egli non dee mai liberarsi totalmente della sua zavorra; perchè quando egli ha per mezzo della corda che scende fino a lui aperto la fatale valvula, ecco che il pallone cade con l'avanzo del suo peso, e lasciato a se stesso, consegue una velocità che gli può essere assai pericolosa. Allora i sacchi di sabbia vengono mirabilmente all'uopo. — Se l'aeronauta cioè si libera prima, ma successivamente, della zavorra che ha ancor seco, la progressiva diminuzione del peso fa in parte contrappeso alla velocità accelerata, e fa sì non solo, che la macchina cali dolcemente, ma concede anche all'aeronauta, che quando il luogo della discesa presenti pericolo, la possa anche fermare a piccole distanze dalla superficie della terra. Per sventura tutti questi mezzi si riferiscono solo al movimento perpendicolare — non vi sono mezzi per determinare il movimento orizzontale. Il timone e i remi possono adoperarsi nei navigli di mare, non già negli aerei. — L'unico mezzo degli aeronauti di tenere il loro pallone al possibile nella direzione voluta, consiste nel cercare la direzione del vento che lo conduce prima al termine a cui intende.

All'arte di levarsi in aria, *Garnerin*, che l'esercitò con incredibile audacia, e parecchi altri dopo lui, hanno cercato di congiungere l'arte sorella di calarsi da quell'altezze senza lesione. Di quest'arte ancora vi dirò il più necessario. — Il *paracadute* (così chiamasi l'instrumento di cui si servono) strettamente *piegato*, occupa un piccolo spazio, ma *spiegato*, uno assai ragguardevole, e in quest'ultimo caso impedisce una caduta troppo celere del carico che gli è congiunto, perchè l'aria gli contrappone una gran forza. — Il 25 ottobre 1797, Garnerin, col mezzo di un tale ombrello si calò salvo a terra da un'altezza di 1200 piedi. — Chi si ricorda dei calcoli, che io ho prima instituito sopra la resistenza dell'aria, deve altresì comprendere i mezzi pe' quali noi, conosciuta la grandezza di un paracadute o il suo carico, troviamo la massima velocità che può essere raggiunta da un corpo che cada nell'aria. — O si potesse ravvicinare il nuovo instrumento alla sua perfezione per un tutt'altro scopo! Difatti non di rado avviene che negli incendii le persone che abitano i piani superiori d'una casa sian costrette a gettarsi da una notevole altezza; e si è con ragione richiesto, qual sicurezza procaccierebbe loro il servirsi di un grande e leggiero paracadute. — Ai nostri tempi i viaggi aerei sono iti pressochè in dimenticanza. — Finchè non hanno altro scopo che di dare al popolo uno spettacolo piacevole, non v'è una particolare importanza. Franklin, quel glorioso americano, quando cominciò la navigazione aerea disse essere un fanciullo, e sperare

che diverrebbe un magnifico uomo. — « In quanto s'è avverata la sua speranza? » — Veramente si è cominciato a servirsi dei viaggi aerei per fini scientifici, vale a dire ad osservare col loro mezzo l'altezza barometrica, la temperatura, l'elettricità, ecc. dell'aria superiore. Ma il vantaggio che se n'è tratto fin qui resta ancora sempre assai piccolo; parte perchè rade volte furono intrapresi da fisici dotti, parte perchè poche ricerche si possono instituire in una navicella ondeggiante e che non dà mai un fermo punto di stazione.

d) *L'acido carbonico.*

Ecco qua un pezzo di marmo. Mentre io gli verso sopra alcune gocciole d'acido solforico diluito (potrei servirmi anche di molti altri acidi) egli entra in effervescenza, e svolge un'aria dotata di proprietà affatto particolari. Quest'aria o gas non si leva solo in ricca proporzione dal marmo, ma anche dalla calce, dalla marna e simili, quando sia messo a contatto in simil modo con un tale acido. Io ardo inoltre del carbon fossile ordinario. Anche da questo io eccito una quantità di simile aria, che si riscontra perfettamente con quella. Finalmente io stappo una bottiglia di birra. Nel far questo, noi vediamo un vapore, udiamo uno scoppio, e sentiamo un odore acidulo. — Queste son tutte testimonianze della presenza di quel gas, ch'esce dal carbone e dal gesso. Notate:

1. L'*aria* che voi avete imparato testè a conoscere per diverse vie, si chiama *acido carbonico*, *e anche*, ma malamente, *aria fissa*, e consta di *una* parte di carbonio e di due parti di ossigeno.

2. *L'acido carbonico si sviluppa nella combustione della grafite, del diamante, del legno, del carbon fossile, e in generale di tutti i corpi antraciferi, o di tutti gli antracidi, o carburi di ferro, e anche nella respirazione degli animali, nella fermentazione del vino, della birra ecc.*

3. *È senza colore, ha un odore acidulo, arrossa la carta bagnata, colorata con laccamuffa; inspirandola crea capogirli, sbalordimento, ed anche la morte, ed è 1 volta e 1|2 più pesante che l'aria atmosferica.* Mediante quest'ultima proprietà ci è possibile di travasarla. — Al presente, per esempio, si trova nel bicchiere che ho a destra. Per convincervene, io metto nel medesimo prima un lume acceso, e poi un topo vivo. Il lume si spegne, e il piccolo animaletto muore. All'incontro vedete come arde chiaro il lume che si trova nel bicchiere alla mia mano sinistra, e come l'altro mio topolino continua

a dimenarsi tutto vispo intorno alle sue pareti! Ma ora io metto la bocca di quel bicchiere sopra il mio secondo vaso. Appena ho ciò fatto, voi vedete il lume spegnersi, e il topo esalare la vita.

4. *Questo gas è assai sparso in natura, e si trova sempre, ma solo in piccola quantità, nell'aria atmosferica.* In alcuni luoghi, p. e. nella caverna del vapore a Pyrmont, al Lago di Laach, ecc., esso gas esce senza interruzione dalla terra. Ma il più notabile di questi luoghi è la grotta del cane in Napoli; imperocchè nel suo suolo si leva uno strato di acido carbonico, all'estremità anteriore di alcuni pollici appena, ma alla posteriore di 1 piede a 1 piede e 1|2.

5. *Fa poi una parte importante in molte delle nostre bevande e acque minerali.* — Se l'acqua, la birra, il vino non ne sono penetrati, sembrano sciocchi, fiappi, mancano anzi d'ogni sapore. Chi poi sa quali siano i costituenti delle dette acque, ed ha imparato anche l'arte di produrre acido carbonico in quantità, è chiaro che può prepararsi tal acqua, che di bontà e gusto s'approssimi ora all'acqua di Selz, ora a quella di Pyrmont, ora a qualsivoglia altra famosa.

6. *Esso forma*, non esso propriamente, ma l'ossido di carbonio gasciforme, che contiene la metà meno d'ossigeno che l'acido carbonico, è inodoro ed infiammabile, *le fiammelle turchine, che si vedono sempre sopra i carboni ardenti.* — Le stufe pertanto non dovrebbero chiudersi prima che queste fiammelle fossero spente. Non meno pericolosi riescono nelle camere i bracieri con carboni accesi.

Digitized by Google

SEZIONE QUINTA.

Del Suono.

---

§. 1.

Della produzione del suono.

Oggi io tocco innanzi tratto una corda del mio violino. Il semplice esperimento dimostra che così si produce un suono, e che dura tanto quanto la corda continua a vibrare. Dipoi io fo suonare il battaglio di una piccola campana. Ed ecco! i granelli di sabbia, di cui è stata sparsa, cominciano per così dire a ballare; molti saltan via dall'orlo; e solo pochi, che hanno per ventura conservato il loro posto in certi punti della campana rimangono in quiete. Per conseguenza la campana, mentre ci fa udire il suono, deve trovarsi appunto in un movimento vibratorio, come la corda d'un violino, d'un'arpa, d'un gravicembalo, che altresì, quando suona, getta via quasi ogni frastaglio di carta, che si posi leggermente su lei. A contemplazione degli accennati fenomeni si chiamo frattanto il suono *un effetto delle vibrazioni dei corpi elastici*. Poniamo poi mente: 1. allo stridere di molte porte, al zufolare che si fa colla bocca, e in generale all'effetto di ogni quantità d'aria, che trapela per una stretta fessura; 2. ai suoni che noi sentiamo stracciando un panno di seta o di tela, o strisciando un dito sopra una superficie levigata, ecc.; noi perveniamo alla nuova verità, che il suono non si produce soltanto mediante le vibrazioni dei corpi perfettamente elastici; p. e. dalle corde degli instrumenti musicali, dalle molle negli oriuoli a ripetizione, dalle tabacchiere armoniche, ecc., ma anche *per gli scotimenti d'altri corpi, che posseggono poca elasticità*.

Il caso più semplice resta sempre la vibrazione d'una corda tesa. Figuratevi che io muti la corda *a c b* (fig 101) prendendola per lo mezzo, dalla sua posizione retta nella curva *a d b*. Se

io la lasciassi di nuovo a se stessa, non cercherebbe ella poi di tornare, in virtù della sua elasticità, nella sua posizione originaria? È chiaro ch' ella allora si trova fino ad *a c b* in movimento costantemente accelerato, ond'ella non si ferma qui; anzi vibra con

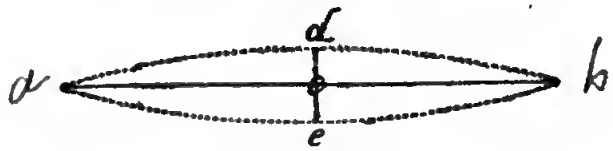


fig. 101

movimento uniformemente accelerato fino ad *a e b*, poi retrocede, torna la seconda volta quasi fino ad *a d b*, ecc.: *brevemente, ella vibra con decrescente velocità tanto tempo di qua e di là, finchè la sua forza sia spenta,* vale a dire *finchè la sua celerità sia discesa a zero.* Noi abbiamo già imparato a conoscere la cagione di questo fenomeno nell'osservazione del pendolo. Ma noi non sappiamo ancora che il *movimento della corda da* a b d *fino al suo ritorno in* a b d *è chiamato un'oscillazione o vibrazione intiera, e la durata del medesimo il tempo di vibrazione.*

Per farvi ancora più fondatamente conoscere la produzione del suono io tendo l' un capo di una verga di metallo diritta, assai lunga, di eguale grossezza per tutto (potrebbe anche essere di vetro) in una morsa, e lascio l'altro capo della verga perfettamente libero (fig. 102). Dipoi io la tocco per mezzo d'un archetto di violino forte, ben impiastrato di ragia, ed essa fa, avendolo io così preparata, appunto una sola vibrazione in un secondo. Se io fermo poi l'uno dietro l'altro solo la metà, un terzo, un quarto, un quinto ecc. della verga, e sempre nel modo indicato, voi vedrete *che le vibrazioni succedono tanto più velocemente l'una all'altra, quanto più la verga è stata accorciata.* Ed io aggiungo: *in un secondo la metà vibra* 4, *il terzo* 9, *il quarto* 16, *il quinto* 25 *volte e va discorrendo.* I miei sperimenti vi debbono insegnare soltanto, che ciascun corpo che si faccia vibrare rende suono, ma che il suono ha luogo quando le vibrazioni succedono l'una all'altra con una certa velocità. Uomini dotti che si sono molto e fondatamente occupati intorno al suono, affermano che a volere che si senta un suono devono seguire in un secondo per lo meno 32 vibrazioni. Il che concorda pure con le nostre esperienze; perchè noi sentiamo solo un suono dalla sesta parte della verga, che fa nel detto tempo 36 vibrazioni.

Il suono finalmente dipende non meno dalla presenza dell'aria.— Anche questo posso io mostrarvi, senza intoppare in gravi difficoltà.

Ecco un campanello; notate se quando io l'abbia posto sotto una campana della mia macchina pneumatica a rarefazione, e liberata questa quasi d'ogni aria, esso campanello suoni ancora.

Per altro il mio esperimento a volere che riesca, richiede una speciale precauzione; io non devo trascurare di fermare il recipiente sopra una tal sostanza molle che non possa propagare affatto

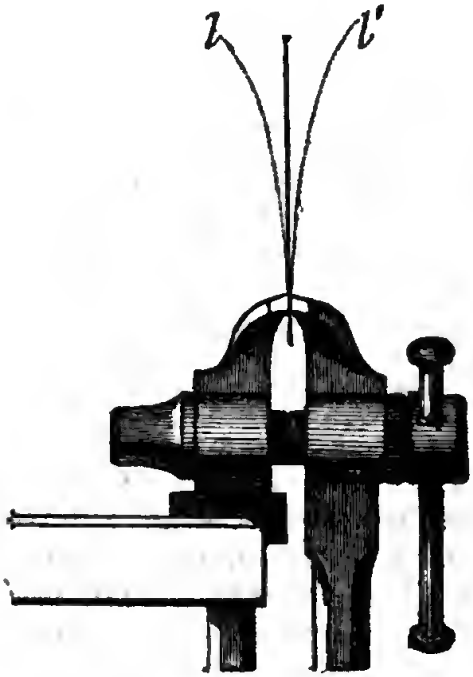


fig. 102

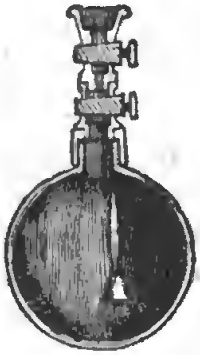


fig. 103

le sue vibrazioni; o le propaghi solo assai indebolite e smorzate. Forse non v'ha sostanza più atta a ciò che alcune fila di canape unite insieme, ma non fortemente torte. Se io fo percuotere il battaglio nella campana, mentre l'aria ha ancora la sua primitiva densità, noi udiamo distintissimamente un suono; ma se io lo fo percuotere, quando è già seguita l'intera rarefazione dell'aria, le nostre orecchie non sentono il menomo suono, per quanto la campana sia fortemente scossa. I vapori fanno assai bene le veci dell'aria. Chi se ne vuole convincere sospenda in un gran pallone di vetro (fig. 103) un campanello a fila di canape e vi metta dentro, fatto che sia il vuoto, alcune goccie di liquido volatile. Tosto si formano i vapori, e il suono s'ode di nuovo. « Qual carattere noi dobbiamo pertanto aggiungere alla nostra precedente definizione del suono? »

Il suono si chiama: 1. *Tuono*, quando noi possiamo determinare la sua altezza, o profondità; 2. *Romore*, che ora consiste in un susurro, zufolo, scricchiolio, ora in un battito, stridlo, mormorio, ecc. quando la determinazione non è possibile; 3. *Scoppio*, quando una delle scosse dei nostri organi auditivi, la prima naturalmente, possiede tanta forza, che tutte le successive rimangono inavvertite per la loro relativa debolezza; 4. *Voce*, quando è prodotto da un essere vivente, specialmente dall'uomo; 5. *Risonanza*, quando..... ma che si debba intendere per risonanza, si sente, ma non si spiega. Noi diciamo a ragione: la tromba ha un'altra risonanza che il violino, la tromba spezzata che il clarinetto; ma diciamo malamente, questo o quell'instrumento ha un buon tuono, ma piuttosto è da dire, una buona risonanza.

§. 2.

Della propagazione del suono.

Ogni audizione di qualsivoglia suono consiste nella scossa dei nostri organi auditivi. Ma questa scossa deve essere necessariamente l'effetto di un qualche movimento; e qui ha luogo la domanda: « Dove riscontriamo noi quel movimento? » primamente nel corpo sonoro. Ora io procederò a mostrarvi come il suono dal corpo sia portato alle nostre orecchie.

Io prendo le mosse dallo scoppio d'una cannonata, e suppongo, che sia stato prodotto da un unico scotimento. Nello istante che seguono l'esplosione della polvere e la proiezione della palla, si forma nella volata di quel cannone uno spazio vuoto d'aria, e per ristabilire l'equilibrio perduto, v'entra velocemente della nuova aria. È chiaro che per questa via si forma intorno al cannone uno spazio con aria estremamente rarefatta. Come prima si ricondensa quello spazio interno, così ora si ricondensa anche questo spazio esterno; imperocchè penetra in esso quell'aria, che lo circonda immediatamente, e poco le cale per dir così che dietro lei si formi uno spazio quasi vuoto d'aria. Così rarefazioni e condensazioni si succedono l'una all'altra da vicino.

Presupposto inoltre che l'aria, che circonda il corpo sonoro, sia perfettamente uniforme, le dette rarefazioni e condensazioni si diffondono per tutti i versi e gli generano intorno un'onda d'aria, che cresce sempre di grandezza e nel cui centro esso stesso si

trova. L'aria ritorna naturalmente in subito equilibrio ad ogni condensazione e rarefazione. Dopo queste spiegazioni io vi do i seguenti principii:

1. *Due rarefazioni e condensazioni coappartenenti si chiamano* UN'ONDA SONORA;

2. *Ogni linea retta che colpisce verticalmente la superficie di un'onda sonora si chiama un* RAGGIO SONORO. — L'ultimo c'indica pertanto, almeno nella maggior parte dei casi, la direzione secondo la quale il suono deve essersi prodotto.

La propagazione del suono per mezzo dell'aria è in molte parti comparabile al moto delle onde dell'acqua. Gettate alla prima occasione una pietra in una peschiera, e voi vedrete poi come intorno alla prima onda se ne formi una seconda, intorno alla seconda una terza, intorno alla terza una quarta, ecc. e come inoltre le onde diventino tanto più late, ma in pari tempo anche tanto più deboli, quanto più son lontane dal punto che la pietra ha colpito nella superficie dell'acqua. Per altro non ne segue una corrente dell'acqua. Tuttavia non v'immaginate che le onde sonore si formino al tutto come l'onde del mare, perchè queste ultime fanno al più un movimento d'alto e basso; le prime all'incontro si diffondono per tutte le direzioni.

L'aria rimane sempre veramente il mezzo più generale per la propagazione del suono; ma con questo non si vuol dire, che essa sia l'unico mezzo che porti il suono da un luogo all'altro, e si dimostri tale per eccellenza, perchè è presente dappertutto e straordinariamente elastica. Chi vuol udire chiaramente un lontano romore, p. e. il rotìo d'una carrozza sopra una strada brecciata, suole accostare un orecchio a terra, e consegue così per solito quello che aspetta e desidera. Solo i colpi d'ascia de' compagni che gli lavorano dirimpetto, sono al minatore una guida sicura nel suo travaglio. Se voi vi turate l'orecchio tanto forte con la bambagia quanto è possibile voi non udite niente; ma se voi vi recate tra i denti l'un capo di una piccola verga di filo metallico e toccate con l'altro capo il piano d'un gravicembalo, voi riconoscete di nuovo in modo assai soddisfacente i suoni dell'instrumento in discorso. I musicanti che cominciano a diventare sordi, si servono spesso, per non privarsi affatto del godimento dei suoni, del mezzo indicato.

Ora io fo menzione di solo un altro esperimento, non meno facile a farsi. Turatevi di nuovo le orecchie quanto meglio potete; recatevi poi tra i denti l'un capo di uno spago, e fermate all'altro capo del medesimo un cucchiaio d'argento; e voi udrete nell'istante che lasciate cadere il cucchiaio sopra un corpo solido bene elastico,

un suono mirabilmente forte, e proprio come di campana. Così è adunque dimostrato per molte guise, *che il suono si propaga ancora per mezzo dei corpi solidi, ed anche per certi conti infinitamente meglio che per i corpi aeriformi.*

Io vi domando finalmente: *Anche i corpi liquidi portano il suono da un luogo all'altro?* Certo sì; perchè noi udiamo anche nell'aria i suoni, che sono stati prodotti in essi; se il suono non trapassasse l'acqua i pesci non verrebbero a galla quando il proprietario del vivaio li chiama a mangiare per mezzo d'una campana. Franklin, il famoso Americano del nord, assicura di aver sentito il confricar di due pietre mezzo miglio inglese sotto acqua.

Tante altre cose che è necessario a sapere ancora sopra la propagazione del suono a traverso i corpi solidi e liquidi, sarà detto nei paragrafi prossimamente seguenti.

§. 3.

Della velocità del suono.

Ecco là un uomo che spacca legna. Noi gli andiamo al tutto vicini e notiamo che il calare della sua scure coincide perfettamente con la nostra percezione del suono, che per quella si genera. Alcune centinaia di piedi lontano da lui, non avviene lo stesso. Prima cioè che le onde sonore percuotano le nostre orecchie, già la scure è calata; e in generale l'intervallo tra i due eventi, che seguono tuttavia nello stesso istante, diviene tanto più rilevante, quanto più ci allontaniamo dallo spaccalegne. La esposta differenza si dimostra anche più chiaramente quando si ficca a terra un tronco d'albero per mezzo di un grande ceppo o battipalo e meglio di tutto con lo sparo di un'arma da fuoco. Quello che il nostro occhio percepisce, vale a dire quello che noi nei corpi illuminati chiamiamo raggi di luce, precorre sempre sensibilmente al suono, e ci dà pertanto la miglior prova, che *esso suono non è senza fine veloce, ma che per giungere da un luogo all'altro ha bisogno d'un certo tempo.*

Per arrivare a conoscere il tempo, che il suono impiega a percorrere un determinato cammino, altri si è sempre servito dei colpi di cannone, perchè l'osservazione in uno scoppio, come quello che lasciano sentire questi instrumenti, può essere instituita ad una maggiore distanza. Figuratevi: 1. due montagne lontane alcune miglia l'una dall'altra; 2. sopra l'una d'esse un cannone che si

tiri una volta ogni quarto d'ora; 3. sull'altra montagna un uomo con tutti gli instrumenti, che si ricercano al suo compito, per lo meno con un buon cannocchiale ed un orologio eccellente a secondi e a terzi! Ecco il lampo. Tosto l'osservatore, che ha già prima posto un dito sulla molla, lascia andare il suo orologio, che fino a questo istante è stato trattenuto, ma con eguale rapidità lo rattiene di nuovo, quando ode il tuono. Ora egli conosce il tempo che intercede tra il lampo e il tuono. Poichè la luce per ogni dato spazio, come io per innanzi vi esporrò, può passare per infinitamente veloce, così egli non ha che a comparare la reciproca distanza delle due montagne col tempo che il tuono ha messo a percorrerle, per avere una sufficiente contezza della velocità del suono.

Le più esatte esperienze del genere indicato, furon fatte da parecchi scienziati nei dintorni di Parigi l'anno 1822. Tutto quanto vi occorre ancora a sapere, intorno a ciò io lo restringo nei seguenti cinque punti:

1. *La celerità del suono è uniforme, vale a dire, percorre eguali cammini in tempuscoli eguali.*

2. *I tuoni alti e bassi, forti e deboli si propagano con eguale velocità.* Chi se ne vuol convincere ascolti un pezzo di musica in lontananza. Come già da vicino, così da lontano i suoni si succederanno nello stesso ordine, in cui i suonatori li cavano dai loro instrumenti. E veramente, la musica la farebbe male, se il Creatore avesse altramente disposto! tanto più che salteri ed arpe suonano le sue lodi!

3. *Il mezzo, pel quale il suono viene propagato, cresce o diminuisce la celerità del suono.* Le prove, le somministra al solito l'esperienza; io volgo la vostra attenzione solo sopra alcune di esse.

Se noi lasciamo cadere al medesimo tempo due cucchiai d'argento ad una distanza piuttosto grande sopra un corpo solido, veramente elastico, i suoni che producono ci giungono allo stesso instante; ma se noi fermiamo un cucchiaio all'un capo di un lungo spago, e ci ponghiamo l'altro all'orecchio, e ripetiamo l'esperienza, noi sentiremo venire il suono del cucchiaio legato più presto che il suono del libero. Ad una prova anche migliore ci porge occasione un lungo tubo metallico. Dando un colpo di martello all'una delle sue estremità, noi sentiamo chiarissimamente al capo opposto un suono doppio; uno più veloce, ch'è propagato dal metallo, ed uno più lento, propagato dalla colonna dell'aria rinchiusa. Secondo certi esperimenti il suono nei tubi di ferro fuso comparisce 10 a 12 volte più veloce che nell'aria. Intorno alla velocità del suono nell'acqua non si hanno veramente risultati precisi; così all' incirca

è stata determinata al quadruplo della sua velocità nell'aria (*). In generale si verifica la legge seguente:

Quanto è più denso il mezzo di propagazione, tanto è più veloce anche il suono; quanto quello è più raro, questo è più lento.

4. *La velocità del suono è determinata anche dall'altezza termometrica.* Nello spazio di un minuto secondo ell'è di circa 1000 piedi a —10° del termometro Réaumur, di 1024 piedi a 0°R, di 1048 a +10° R, di 1072 a +20° R, di 1096 a +30° R. A tal riguardo si calcola ordinariamente la velocità media del suono a piedi 1050.

Intorno alla contraddizione apparente che si riscontra tra le due leggi assegnate, si osservi, che veramente l'aria, mediante il calore che la dilata, si trasmuta in un fluido ancora più sottile, ma che in pari tempo consegue una maggiore forza d'espansione o tensione, e pertanto una proprietà eccellente alla più veloce trasmissione del suono.

5. *Finalmente anche il vento accresce o diminuisce la velocità del suono.* Per chi ha contezza del movimento composto, non occorre qui nessuna prova. Ma questo influsso conta poco.

A tutto quanto ho detto fin qui, aggiungo da ultimo alcune altre domande: 1. Come è possibile dai colpi di segnale di pericolo d'un naviglio calcolare quanto sia lontano dalla spiaggia? 2. Perchè i soldati quando hanno veduto il lampo d'un cannone fuggono subito dietro ad un muro, o entro un fosso? ecc. 3. In quanto abbia ragione chi afferma poter indurre dal numero delle battute di polso tra il lampo e il tuono la vicinanza o la lontananza di un temporale?

§. 4.

Della ripercussione del suono.

In una grande chiesa, in una sala rotonda, o in un andito lungo e coperto, noi osserviamo non di rado che ogni parola riceve un rimbombo affatto particolare; appunto così noi udiamo talora, quando noi ci avvolgiamo cantando tra le montagne, al lembo delle foreste, risuonare distintamente l'ultime sillabe di ogni strofa del

(*) Per sentire un suono, eccitato nell'acqua, si adopera un tubo ch'è sempre più lato verso la sua estremità inferiore, e che all'ultimo è chiuso con un buon disco elastico di latta. Le vibrazioni dell'acqua toccano questo disco e si comunicano all'aria che si trova nel tubo.

nostro canto, ora da questo, ora da quel lato. Sopra questo e simili fenomeni è da dire.

La velocità, o, come noi possiamo anche esprimerci, la forza con la quale il suono si propaga è principalmente determinata dalla densità del mezzo conduttore, ma questa è, com'è noto, di diversa natura. Se il suono passa da un mezzo più raro in un più denso, p. e. dall'aria nell'acqua, o meglio, di quivi ai fabbricati, mura, pareti di montagne, deve, perchè la sua forza è troppo piccola per l'ultimo mezzo, esser respinto indietro. Ma un tale ribalzo, succede ancora, quando ha preso la via inversa. In questo caso la forza con la quale arriva al mezzo più raro è tanto grande che questo non la può ricevere in sè tutta, e pertanto si vede costretto in certo modo a ricedere al primo mezzo una parte delle onde sonore. *Ogni variazione nella densità del mezzo conduttore, ha pertanto ad effetto la ripercussione delle onde sonore.* Da' questo principio derivano,

a) *L'eco.*

Quasi ogni eco, di che noi abbiamo contezza, è formato da ciò che i raggi sonori percuotono contro un monte, una solida parete, il lembo di una foresta, ecc. e sono ripercossi da questi oggetti come da mezzi più densi.

Noi determiniamo il grado di perfezione dell'eco dalla sua forza e chiara percezione. Ma queste proprietà dipendono:

1. *Dalla figura e posizione della parte riflettente, ossia ripercuziente;* che la configurazione eserciti un'influenza nell'eco è noto; perchè i raggi sonori, come i raggi luminosi hanno in ogni superficie l'angolo d'incidenza eguale a quello di riflessione. Sia *ss* (fig. 104) il piano di divisione dei due mezzi; *d i* la direzione d'un'onda sonora. Quest'ultima è, almeno in parte, riflessa nella direzione *ir*. La perpendicolare *pi* forma con *di* l'angolo d'incidenza, e con *i r* l'angolo di riflessione: ma *dip=pir*. Quindi risulta: *a*) per le superficie *piane* che i raggi sonori paralleli vengono riflessi anche parallelamente, e che inoltre ogni raggio sonoro che le percuote ad angolo retto, ritorna in se stesso, vale a dire precisamente nella precedente direzione; *b*) per le *concave* che esse concentrano i raggi sonori; vale a dire li raccolgono od uniscono; e *c*) per le

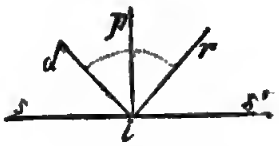


fig. 104

convesse, ch'esse, tutto all'inverso le divergono o disgregano. *Onde le pareti concave compariscono migliori che le piane e le piane migliori che le convesse.* Poichè i raggi sonori, se l'eco dev' essere perfetta, devono ritornare e arrivare al corpo sonoro, si può indicare quasi con certezza matematica, conoscendo poi la legge della ripercussione, in quale posizione rispetto al corpo sonoro una parete genera la più bella eco.

2. *Della distanza della parete riflettente o ripercuziente.* L'orecchio può in un secondo distinguere al più nove tuoni; onde se succedono l'uno all'altro anche con maggiore rapidità, non ci fanno nessuna distinta impressione. Di qua si spiega alla prima, perchè noi in una camera ordinaria non sentiamo mai un'eco; (le pareti sono evidentemente troppo vicine al corpo sonoro). Tutto quello che può succedere si riduce a questo, che il suono può essere rinforzato in quanto forse un'onda sonora già ripercossa si riunisce con un'altra, che va a percuotere primamente la parete. Se noi vogliamo distinguere l'uno dall'altro il suono e il rimbombo, questo deve succedere a quello al più presto nella nona parte di un secondo. Ma il suono percorre in un secondo intero 1050 piedi, e per conseguenza nella nona parte di un secondo circa 116 piedi. Così voi sapete ora, che la parete ripercuziente, quando dee nascere un suono, dev'esser lontana almeno la metà di 116 piedi, considerato l'andare e il venire dei raggi sonori, pertanto 58 piedi dal corpo sonoro. Vi sono:

a) *L'eco unisillaba semplice.* — Questa è quell'eco che *ripete* UNA SOLA *sillaba* UNA SOLA *volta.* A produrla si ricerca che la parete ripercuziente sia circa 60 piedi lontana dal corpo sonoro: si trovano in immenso numero in natura.

b) *Eco unisillaba moltiplice.* — *L'eco di tal natura ripete bene* UNA SOLA *sillaba, ma non* UNA SOLA *volta, sibbene due, tre, quattro. in generale più volte.* Quest' eco nasce ordinariamente colà dove alcune pareti ripercuzienti sono lontane l'una dall'altra 60 piedi e più, e si rimandano reciprocamente i loro raggi sonori come due specchi le loro immagini. L'eco unisillaba e molteplice si trova già più di rado. L'eco presso lo scoglio di Lorelei sul Reno, ripete una parola unisillaba 17 volte; un'altra sulla rotonda piazza del re a Cassel 9 volte; una terza eco di questo genere nel castello Simonetta, in vicinanza di Milano, è prodotta da due ale parallele; abbastanza distanti, fra loro, e ripete l'ultima sillaba di una parola fortemente pronunciata 40 volte, e lo scoppio d' una pistola 60 volte.

[illegible] il secondo dopo il suono devesi avere il rimbombo

c) *Eco polisillaba, semplice.* — Quest'eco ripete 2 o più sillabe, ma sempre *una sola* volta. Ma dove s'ode, si trova sempre una superficie ripercuziente che giace lontano almeno 120 piedi dal corpo sonoro. Anche tale eco si trova non di rado.

d) *Eco polisillaba, molteplice.* — Alla produzione di questa bella eco, *che ripete più volte più sillabe* si richiedono pareti poste l'una rispetto all'altra, assai favorevolmente. A Adersbach, la città montana di Boemia con la sua famosa selva di pietre, di cui forse 1000 macigni formano le più strane figure, la voce d'un uomo è ripetuta 3 volte, un colpo di pistola 7. Alcuni secondi dopo viene dal lato destro un rimbombo, eguale a un colpo di tuono, echeggia debolmente in sorde scosse, e si perde finalmente del tutto. Ma non sono ancor passati 20 secondi che si ode dal destro lato un simile rimbombo, e in pari tempo si distingue con la massima chiarezza, come esso in certo modo sale all'alto. In vicinanza della fattoria di Rosneath in Scozia, v'è un'eco, che ripete brevi sentenze parecchie volte, e *in diversa altezza di tuono.* ora alto, ora basso

Le pareti ripercuzienti, sono quivi colline rocciose che circondano un lago. — Non meno inesplicabile è l'eco presso l'abbazia di S. Giorgio a Rouen; ha questo di particolare, che il cantore non sente mai una ripetizione della sua voce, l'ascoltatore mai il suono primitivo, ma sempre e soltanto l'eco, e questa con molte varietà. L'eco gli sembra essere ora lontana ora vicina; ora ei l'ode forte; subito dopo debole; spesso l'un ascoltatore ode solo *una voce*; un altro nello stesso tempo parecchie; l'uno ode a destra, l'altro a sinistra; finalmente il cantore e l'ascoltatore odono l'eco in pari tempo, ma l'odono diversamente secondo il luogo ove si è collocato. Per quanto noi vi pensiamo, noi non potremo trovar la causa di questo meraviglioso fenomeno.

Il rimbombo si forma al tutto come l'eco; solamente nel caso suo le pareti ripercuzienti, sono troppo vicine al corpo sonoro, perchè si possa distinguere dal suono primitivo. Le stonature spiacevoli che non di rado l'accompagnano negli edifizi, possono essere corrette, parte col coprire le mura di corpi scabri non elastici, parte anche esser rimosse con porvi addobbi ed empiere le cavità con segatura.

Il particolare rimbombo che si ode nelle forre, acquedotti, nei lunghi corridoi aperti alle due estremità, si spiega egregiamente per ciò che altri si figura, come anche allora segue una ripercussione dei raggi sonori, se il mezzo conduttore, che in questo caso è l'aria, muta improvvisamente la sua densità.

Per quanto piacere una bella eco procacci all'amico della natura, tuttavia rimane sempre senza nessuna utilità; anzi deve talora nella costruzione di certi edifizi, p. e. delle chiese, sale di concerto, teatri essere studiosamente evitata. Sembra adunque che l'uomo non abbia saputo trarre alcun vantaggio dalla ripercussione de' raggi sonori. Ma la cosa non è punto così. Quattro importanti instrumenti deono l'essere unicamente alla ripercussione del suono. Il *tubo di comunicazione, la tromba parlante, la tromba acustica* e *la volta parlante.*

b) *Il tubo di comunicazione.*

Il tubo di comunicazione possiede per ogni sua parte un diametro eguale. Impedite dalla sua interna parete di spandersi per tutti i versi le onde sonore, lo trapassano con quasi invariata forza e portano così anche il discorso più sommesso a punti ben lontani. Intorno alla sua utilità, io vi aggiungo ancora che nelle case che hanno molte camere e sale impedisce il correre di qua e di là, e sui navigli è spesso l'unico mezzo di ricevere dai marinai che sono sulla gabbia le notizie necessarie. Pel tubo d'un acquedotto Biot, famoso fisico del nostro tempo, udì un discorso a bassa voce ad una distanza di 3000 piedi.

c) *La tromba parlante.*

La tromba parlante, consiste per lo più di un cono cavo, smussato alla punta e fornito d'una imboccatura. Se altri vi dice entro alcune parole, i raggi sonori si spandono a diverse parti; quelli che non percuotono le pareti, escono senza ostacolo allo spiraglio; ma tutti gli altri quante volte toccano le pareti sono ripercossi sotto angoli costantemente eguali. Solo in questo molteplice rimbalzo è riposta la cagione, ch'essi all'ultimo prendono tutti una direzione piuttosto parallela, e che il suono è udito distintamente a molto ragguardevoli distanze. Una forte voce d'uomo è portata dalla tromba parlante ben 18 mila piedi lontano. Se tutti i raggi sonori andassero perfettamente paralleli, si potrebbero udire i suoni a distanze incomparabilmente maggiori; ma l'instrumento non risponderebbe bene al suo scopo, perchè i suoni in tali circostanze si sentirebbero solo nella direzione che noi avessimo loro dato, se forse quegli che l'adoperasse, non sapesse così maestrevolmente appuntarlo come un buon scoppiettiere fa di un'arma da fuoco ordinaria.

d) *La tromba acustica.*

La tromba acustica inventata l'anno 1670 da Moreland o Möhrenberg, ha lo scopo inverso della tromba parlante; perchè questa deve render suoni, e quella all'incontro trasmetterli. Ha però quasi sempre la figura della tromba parlante. Se voi volete formarvi un concetto ben chiaro di essa, non avete che a guardare il padiglione dell'orecchio d'un uomo o d'un mammifero, che può a ragione chiamarsi una *tromba acustica naturale.*

Alcuni trovano l'utilità di una tromba acustica in ciò che essa rinforza grandemente il suono, in quanto riceve una maggior quantità d'onde e le conduce alla parte più stretta; altri credono all'incontro che mediante lo scuotimento che nasce alla prima, faccia l'udito più sensibile pei tuoni successivi. Le persone che soffrono di durezza d'udito, riconoscono in essa uno dei loro maggiori benefici aiuti.

e) *La volta parlante.*

Tra i molteplici piani ineguali, quando noi consideriamo la direzione dei raggi riflessi, sono di singolare importanza, i piani ellitticamente curvi. Onde vi comunico sopra essi quanto segue:

Ogni elissi ha principalmente due notevoli proprietà: 1. *Riflette tutti i raggi che partono da* UNO *de' suoi due fuochi e feriscono il perimetro, nell'altro fuoco;* 2. *In tutti questi raggi il cammino dall'*UN *fuoco all'altro è esattamente di eguale lunghezza* (fig. 105).

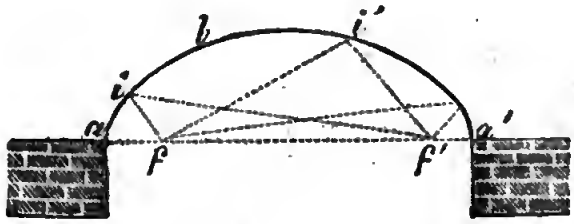


fig. 105

Nella qui unita semi-elissi, che in pari tempo può indicare la sezione traversale di una volta, f e f' rappresentano i fuochi; fi e fi' i raggi d'incidenza if' e if' i raggi di riflessione. Che ciascuna delle due linee, prima nominate, tostochè tocca il perimetro della volta elittica, prenda la sua direzione verso f'; che

inoltre $fi+if=fi'+i'f'$, si prova tutto questo per via della più sublime matematica. Supposto ora che alcuno si trovasse in un luogo, i cui limiti formassero un' elissi, si ponesse nell' *un* dei fuochi e cominciasse a parlare, un altro che tenesse l'orecchio al secondo fuoco, non sentirebbe anche le parole dette a voce più bassa? Si può fare almeno un esperimento sopra questo punto col mezzo di due specchi concavi (fig. 106). Gli specchi *mn* ed *op* (figuratevi due segmenti sferici vuoti) sono messi in faccia uno dell'

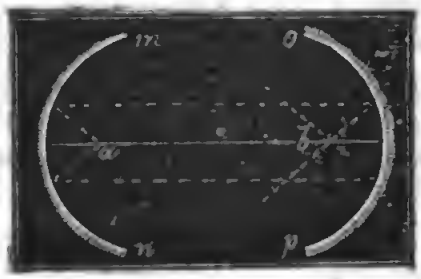


fig. 106

altro; *a* è il fuoco del primo, *b* il fuoco del secondo specchio. Io pongo ora il mio oriuolo sopra *a*; uno di voi accosti un orecchio sopra *a b*, e ci dica poi quello che ha inteso di notevole! Ecco: egli sente colà il tintinnìo così distintamente, come se io gli avessi posto in mano il mio oriuolo. A spiegazione provvisoria io aggiungo, *tutti i raggi sonori, che partono dall'oriuolo e toccano lo specchio* m n, *sono riflessi parallelamente al suo asse* (le linee punteggiate indicano il cammino) *feriscono il secondo specchio* o p; *e dopo il loro nuovo rimbalzo si raccolgono nel fuoco* b.

Le sale o volte che hanno le suindicate proprietà si chiamano sale o volte parlanti; inoltre i loro fuochi sono quei luoghi, ove due persone possono bisbigliare qualcosa l'una all'altra, senza che una terza, una quarta persona, ecc. che si trova ancora nella sala senta un menomo che. Tali stanze non sono atte alle accademie o concerti musicali. Rinforzano la musica, ma non proporzionevolmente, perchè sempre risuonano primi a certi luoghi quegli instrumenti che si trovano in vicinanza di uno dei fuochi.

La nostra età può mostrare parecchie volte parlanti. Nel giro interno della cupola di S. Pietro a Roma è disposta una galleria. Due persone che si pongano alle due estremità del suo diametro, che ha una lunghezza di 100 piedi, possono discorrere pianissimamente tra loro, quando anche nella navata della chiesa si canta e suona. Per tutti gli altri punti del giro della chiesa all'incontro non sentono niente. Un simile fenomeno offre la cupola della chiesa

di S. Paolo a Londra. Questa è fabbricata per modo che si ode chiaramente il battito d'un oriuolo da tasca da un'estremità all'altra, e il più lieve sibilo corre, a dir così, intorno a tutta la cupola.

Questa mirabilissima moltiplicazione del suono, non succede solo nel basso, ma anche nell'alto della galleria, sebbene la volta abbia superiormente una grande apertura per la lanterna. L'edifizio più famoso di questa specie fu indubitatamente il così detto *orecchio di Dionisio di Siracusa*. Era una grotta di roccia, serviva di prigione, ed era costrutta studiosamente, così che il tiranno in una camera superiore poteva sentir tutto quello che gli infelici rinchiusi di sotto discorrevano insieme. La parola più sommessa si ingrossava in un grido, un tossire ordinario in un fragore di tuono, e il percuotere di un fazzoletto quasi nel rimbombo dello sparo di una pistola.

§. 5.

Delle vibrazioni delle corde.

Ai diversi sperimenti, che io ho a fare oggi, sono instrumenti quasi indispensabili i così detti *monocordi*. Io sto contento al *monocordo semplice*. Voi potete vedere nel mio monocordo, come in esso tra due pironi fissi, che posano sopra una cassa cava, sia tesa una sola corda, al tutto come in tanti altri instrumenti musicali; che esso ha inoltre un ponticello mobile, per mezzo del quale io posso a piacere allungare od accorciare quella corda; che finalmente parecchie righe e numeri m'indicano dove il ponticello mobile taglia la metà, il terzo, il quarto, due quinti, otto noni, ecc., come altresì che le pareti dell'instrumento sommamente semplice, che formano la risonanza, consistono di assicelle di legno sottili, elastiche, perfettamente secche. Nella qui aggiunta fig. 107, la corda (può essere di minugia o anche di metallo) è incastrata in *c* e cammina sopra una carrucola *m*, come anche sopra due cavalletti *f* ed *h*, di cui l'uno (nel caso nostro è *h*) deve essere mobile. La carrucola *m* porta un peso *p*, di cui non posso far a meno quando io voglio ricercare i suoni riguardo alla tensione delle corde.

Se io pongo sopra la corda un arco di violino, in modo che la tagli sotto un angolo retto, tutte le sue parti, mentre vibrano, prendono una posizione inclinata verso la parte a cui essa è tirata

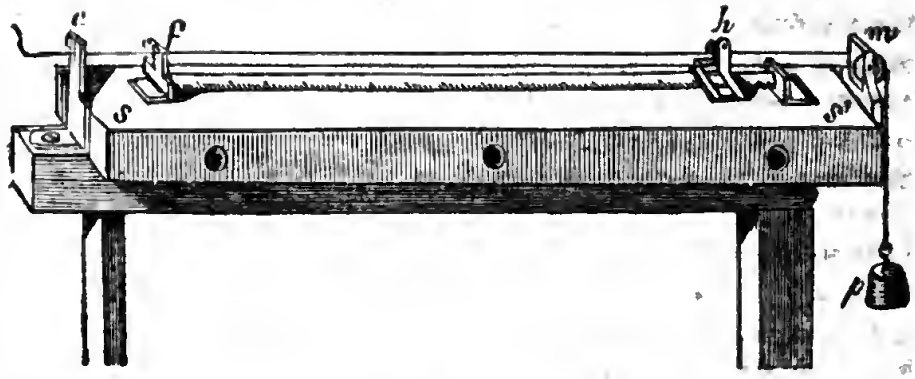


fig. 107

dall'arco che la striscia sfregando e ci allegrano di un suono grato: se io la striscio all'incontro sotto un angolo molto acuto (i principianti nello studio del violino lo fanno non di rado senza volerlo) tutte le sue parti vibrano per lo lungo e producono un tuono assai alto, e che fischia spiacevolmente. Le vibrazioni del primo genere sono dette *traversali* quelle dell'ultima specie *longitudinali*.

Come nelle vibrazioni in generale, così noi notiamo anche nelle vibrazioni traversali in particolare una notevole diversità. Strisciata nel modo ordinario la corda vibra per tutta la sua lunghezza in una direzione *identica*; ma toccata sopra *uno* dei suoi punti di divisione, p. e. sulla metà, sul terzo, sul quarto, ecc. o toccata con estrema soavità per mezzo di un dito o del lembo d'una carta da giuoco e poi percossa con l'arco, si divide in un certo numero di parti eguali, di cui sempre le due vicine vibrano in due opposte direzioni. Queste due specie di oscillazioni sono assai importanti.

Io striscio di nuovo tutta la corda del mio semplice monocordo e noto bene il tuono, che manda; sia per esempio l'*ut*. Se io poi porto il ponticello mobile, senza tuttavia cambiare la tensione, precisamente nel mezzo, io ottengo due tuoni, che stanno all'unisono, danno le ottave prossimamente più alte e di quel tuono che io di qui innanzi chiamerò il *tuono fondamentale*. *Rispetto alla lunghezza delle corde sta per conseguenza il tuono fondamentale alla sua ottava immediatamente più alta, come 2 a 1; ma rispetto al numero delle vibrazioni* che in una corda lunga la metà, ma del medesimo genere è più grande il doppio, sta *precisamente all'inverso*, come 1 a 2. Solo notate l'ultimo rapporto! Io continuo a trovare col calcolo i rapporti di vibrazione anche degli altri intervalli (*il rapporto numerico di due tuoni si chiama il loro intervallo*). Se io porto il ponti-

cello mobile sotto un terzo della corda, allora deve evidentemente la parte minore vibrare tre volte nello stesso tempo in cui tutta la corda compie solo una oscillazione. Onde il tuono fondamentale sta al tuono ora ottenuto nel rapporto di 1 a 3. Ma voi non sapete ancora quale altezza possegga l'ultimo tuono, o quale intervallo formi col suo tuono fondamentale. Onde ascoltate ora attentamente quel tuono che io cavo dai due terzi di corda. Non è la pura quinta del tuono fondamentale immediatamente più alta, la propriamente dominante? *Un terzo della corda ci dà pertanto la quinta elevata di una pura ottava.* Il rapporto di vibrazione tra il tuono fondamentale e la quinta è 1 a 1 1|2 o espresso in numeri intieri 2 a 3. A chi piacesse di avere i rapporti di vibrazione anche per gli altri intervalli, si ricordi che 3|4 della corda fanno la pura quarta, 4|5 la terza maggiore, 5|6 la terza minore, 3|5 la sesta maggiore, 5|8 la sesta minore, 8|9 a 9|10 la seconda maggiore, 15|16 fino a 24|25 la seconda minore 8|15 fino a 25|48, la settima maggiore 9|16, la settima minore del tuono fondamentale. Questi rapporti determinano il trar dei tuoni sul violino, la chitarra, ecc. in pari tempo ci mostrano come, 1. i tuoni devono stare tanto più vicini l'uno all'altro, quanto sono presi più da alto; e che 2. sopra una corda di violino o di chitarra, ecc. la serie dei tuoni è infinita.

Fin qui io ho preso a considerare solo la *lunghezza* della corda; ma io posso raddoppiare, triplicare, infine moltiplicare il numero delle vibrazioni anche in un altro modo. *Non solo la* LUNGHEZZA, *ma anche la* TENSIONE *determina l'altezza del tuono.*

Per convincervene, io ho disposto così il mio monocordo, che solo l'*un* capo della corda è fermato, l'altro è passato sopra un ponticello e carico di un peso. « E che vediamo noi ora? » brevemente questo, che la corda, se io chiamo tuono fondamentale quello che ha nella sua tensione semplice, nella tensione 4 volte maggiore si sente l'ottava del tuono fondamentale, nella tensione cresciuta a 9|4, la quinta, a 16|9, la quarta, a 25|16, la terza maggiore, a 36|25, la terza minore, a 25|9, la sesta maggiore, a 64|25, la sesta minore, a 81|64 o 100|81 la seconda maggiore. Ma i numeri indicati, sono le radici quadrate dei rapporti antecedenti; perchè 4 ha per radice il numero 29|4, il numero 3|2, 16|9, il numero 4|3, 25|16, il numero 3|4, 56|25, il numero 6|5, 25|9, il numero 5|3 ecc. L'esperienza adunque conferma perfettamente la legge, *il numero delle vibrazioni in circostanze per altro perfettamente eguali è proporzionale alla radice quadrata dei pesi che tendono la corda.* Gli esperimenti sopra la diversa tensione della corda, si fanno incomparabilmente meglio con un monocordo a due corde, che con uno

ad una corda. Supposto che io possedessi anche un tale instrumento, io dovrei solamente, per far risuonare in pari tempo il tuono fondamentale con la sua pura ottava, appendere all'*una* corda 1 libbra, e all'altra 4 libbre; se il mio monocordo dovesse dare inoltre la pura quinta, io dovrei caricare quella corda di 4 e questa con 9 libbre, o la prima con 1, l'ultima con 2 libbre e 1|4, ecc.

Ecco qua un violino. Mentre noi osserviamo più particolarmente le sue quattro corde, ci fa specialmente meraviglia che la corda E è più sottile che la corda A; questa più sottile che la corda D, e che la corda G è rivestita d'argento. La stessa diversità si vede nelle corde di un'arpa, d'una chitarra, d'un gravicembalo, d'un violone, ecc. Sappiate: 1° *Anche la grossezza della corda determina l'altezza del tuono*, e 2° *in circostanze per altro eguali il numero delle vibrazioni, sta in ragione inversa della grossezza delle corde.*

Se il peso specifico, o a dirlo con altre parole, la materia delle corde non è eguale (ricordatevi le corde coperte, o quelle di minugia e di metallo) in questo caso l'ultima legge dev'essere espressa così: *a circostanze eguali, il numero delle vibrazioni è in ragione inversa delle radici quadrate dei pesi specifici.* Tutti gli esperimenti che appartengono a questa materia, a volere che ci diano un risultato che pienamente ci soddisfaccia, devono essere fatti con grande accuratezza. Il coprire la corda non ha evidentemente altro scopo, che di rendere il suo peso specifico più grande, il suo tuono più profondo. Adunque la corda C d'un violino può anche essere più sottile che la corda D sua vicina.

Se noi poniamo mente con la maggiore esattezza possibile al tuono d'una corda, noi sentiamo oltre esso tuono, data la massima quiete e il più sottile udito, alcuni altri tuoni molto deboli, e che lo vincono d'altezza. Se p. e. il tuono principale della corda è *ut*, noi udiamo insieme con lui, i tuoni *sol* e *mi* la pura quinta del tuono fondamentale alzata di un'ottava, e la terza maggiore alzata di due ottave. Quella mette in moto un terzo, questa un quinto della corda; un orecchio ben esercitato discerne oltre i tuoni indicati anche l'ottava semplice e l'ottava più alta del doppio, i cui rapporti di vibrazione, sono com'è noto 1 a 2 e 1 a 4 o prodotti dalla metà e dal quarto della corda. Tutti questi tuoni si chiamano *tuoni armonici*. Poichè la corda non ha sofferto nessuna alterazione nella sua tensione, ne viene necessariamente, mentre vibra per tutta la sua lunghezza, che anche la metà, il terzo, il quarto, ecc. sian posti in parziale movimento. E così è di fatto.

Chi vuol rendere veramente sensibile la contemporanea presenza di quei tuoni armonici, elegga al suo esperimento una corda grossa e lunga, affinchè il tuono principale consegua la necessaria profondità e forza. Molto all'uopo sono le corde di un violone.

Volendo dividere la corda in due parti eguali, io metto su C (fig. 108), centro di lei, un lieve ritegno, vale a dire, tale, che non permetta al punto di allontanarsi dall' asse, ma non lo im-

fig. 108

pedisca di fare il suo movimento per lo lungo da una metà all'altra. Io mi servo a ciò d'una lieve pressione delle dita (toccamenti debolissimi, per mezzo d'un corpo umido conducono ordinariamente anche meglio allo scopo). Se io poi fo vibrare l'*una* metà, p. e. *a c*, e in modo, che le particelle di *c b*, che sono più vicine al punto *c*, si muovano per di sotto, è evidente che tutte le particelle di *a c*, che con quelle particelle sono egualmente lontane da *c*, vibrano per di sopra; brevemente tutta la corda, durante il suo andirivieni formerà una linea curva non interrotta. Il debole tuono prodotto è l'ottava immediatamente più alta del tuono principale di tutta la corda. Per farvi vedere così con gli occhi che l'altra metà della corda vibra effettivamente insieme, io pongo su lei or qua, or là alcune strisciolline di carta. Ed ecco nello stesso momento che io tocco la prima metà esse entrano in un vivo movimento; anzi alcune d'esse sono lanciate assai lontano.

Al tutto nello stesso modo io posso mostrarvi che quando io tocco lievemente una corda *a b* (fig. 109) in quel punto che ne taglia la terza parte, vale a dire in *c*, e la lascio poi vibrare,

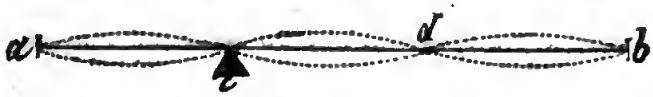


fig. 109

deve formarsi anche un altro punto d'arresto *d*, che divide il secondo terzo dall'ultimo. I due pezzi dovrebbero cioè nello stesso tempo fare un numero eguale di vibrazioni: ma poichè questo è impossibile, perchè *ac* è vinto in lunghezza da *cb*, così quel secondo punto di arresto nasce come da se stesso. Se la corda getta giù anche ogni altra strisciolina che le sia a cavallo, quella che siede sul punto di di-

visione *d*, rimarrà tuttavia tranquilla al suo posto. Il tuono che noi abbiamo inteso viene dal terzo della corda, ed è pertanto una quinta alzata di un'ottava, o il dodicesimo del tuono fondamentale. Se io procedo ad un quarto, o quinto, o sesto, ecc. della corda, io vedrò riprodursi quei fenomeni, e il punto di limite tanto più sorgere, quanto la parte tagliata è più piccola relativamente al tutto della corda. Un quarto dà tre di quei punti, un quinto 4, un sesto 5, ecc. Portano tutti il nome di *nodi di vibrazione* o *punti di equilibrio della corda*.

Chi ha capito come una corda nel modo indicato dee dividersi al tutto in un certo numero di parti eguali, conosce ancora la cagione che genera i suoni del flautino sui violini e contrabassi, il gentile suono dell'arpa eolia, i suoni dell'arpa gigantesca o armonica meteorologica.

Il più piacevole suono l'hanno i suoni di flautino, del violoncello. *L'arpa eolia*, che conta 8 a 12 corde di minugie egualmente forti, ed egualmente alto sonanti, è collocata così ad una finestra aperta, che l'aria può comodamente strisciare sulla tavola armonica. La diversa divisione delle corde che ne nasce, produce tuoni assai molteplici. L'*Armonica metereologica* esposta da un negoziante di Basilea allo scorcio del secolo decimottavo, constava di 18 fili di ferro, ciascuno de' quali aveva una lunghezza di 120 piedi. Il tentativo di servirsi di fili di ottone invece di tali fili, non diede nessun felice risultato; perchè non si ottenne, per quanto altri ci mettesse cura, il più lieve suono.

Per conchiudere ciò che io vi ho qui detto sulle vibrazioni traversali delle corde, vi prego di attendere ai seguenti fenomeni:

1. *Una corda genera talora un tuono che vince ora più ora meno in profondità il suo proprio tuono.* L'esperimento da instituirsi sopra questo principio è veramente facile, ma ricerca tuttavia qualche cautela; perchè riesca veramente bene, si tenda una corda lenta al possibile, sopra un ponticello, si alzi molto verso l'alto, e si lasci ripercuotere cautamente contro quel meccanismo. Supposto che il ponticello, stia esattamente sotto il mezzo della corda, essa dà la sottoquinta; ma se ne tagli il terzo, dà la sottosettima del tuono fondamentale. Tutti i tuoni prodotti nel modo descritto, si chiamano *tuoni squillanti*. Per sventura noi non sappiamo ancora esattamente quali vibrazioni la corda deve fare quando dee dare tuoni di tal fatta; quello che ne dice il famoso Chladni, od è insufficiente od è misto con molte inesattezze.

2. *Quasi ogni musicante conosce per esperienza, che quando egli accorda il suo gravicembalo in pure quinte, terze maggiori, terze mi-*

nori ecc. i tuoni superiori a rispetto degli inferiori compaiono ora troppo alti ora troppo bassi; e che egli pertanto deve deviare sempre un poco dalla perfetta purezza di certi intervalli, a volere che la sua operazione riesca secondo il suo desiderio. Due esempii, che io voglio qui calcolare esattamente vi mostreranno, ottimamente, dove sia riposta la causa di questo fenomeno.

Posto che alcuno accordi in terza maggiore, da C a *c* evidentemente attende prima alla terza da C a E, poi a quella da E a *Gis* (As) e in ultimo alla terza da *As* a *c*: ora il rapporto della terza maggiore al suo tuono fondamentale è rispetto al numero delle vibrazioni come 5 a 4. Ora se *c* fa una volta e 1|4 tante vibrazioni quanto *As* o *Gis*; *Gis* una volta e 1|4 quanto E, e E una volta 1|4 quanto C, è manifesto che le vibrazioni del *c* devono stare a quelle della sua ottava inferiore del C, come 5×5×5 a 4×4×4, vale a dire come 125 a 64. Onde l'ottava più alta s'abbrevia assolutamente di 3 vibrazioni, e diventa pertanto un poco troppo profonda rispetto al tuono fondamentale. Al tutto inverso è il risultato quando egli accorda il suo gravicembalo in terza minore. Poichè nello spazio da C a *c* vi sono 4 di tali terze, vale a dire da C a *Es*, da *Es* a *Ges*, o *Fis*, da *Fis* a *A* e da *A* a *c*, poichè inoltre, quando noi anche qui guardiamo al numero delle vibrazioni, la terza minore sta al suo tuono fondamentale nel rapporto di 6 a 5, ecco che noi ottenghiamo i numeri di vibrazioni 6×6×6×6 e 5×5×5× o 1296 625.

Ma ogni corda, che nello stesso tempo che la corda del tuono fondamentale vibra 625 volte, compie 1296 di tali movimenti, dà un tuono che supera ben sensibilmente la pura ottava, perchè non 1296, ma 1250 è il doppio di 625. « Sapete voi anche calcolare quale sia l'altezza del tuono superiore, quando un gravicembalo è stato accordato per mezzo di una quinta perfettamente pura? » L'esempio causa pertanto alcune difficoltà, perchè noi prima che ottenghiamo una quinta in un *c*, dobbiamo percorrere parecchie ottave; che dee far adunque un accordatore di gravicembalo, che voglia disporre così il suo instrumento, che i tuoni più alti stiano in questa proporzione coi più bassi? Rispondete voi stessi a questa domanda; ma notate ancora: 1. *La differenza*

(1) Ho lasciato i segni musicali tedeschi. Eccone la spiegazione:

A.....La	*E*..... .Mi	*Ges*.....Sol bimolle
As.....La bimolle	*Es*..... Mi bimolle	*Gis*.....Sol diesis
C.....Ut	*Fis*.....Fa diesis	*H*.....Si
D.....Re	*G*.....Sol	*Hes*.....Si bimolle

(*Nota del Traduttore*).

degli intervalli dai rapporti suindicati 2|5, 3|4, 4|5, ecc. *si chiama il suo temperamento; 2. questo è ora equioscillante ora varioscillante*; *equioscillante* quando tutte le deviazioni dalla perfetta purezza degli intervalli, sono divise al tutto egualmente sopra tutti i tuoni di un'ottava; *varioscillante*, quando non ha luogo in essi una tal regolare distribuzione. Comprendete voi ora anche l'espressione di *gravicembalo temperato?*

3. *Le corde si scordano non di rado in un modo veramente ingrato.* Lasciando stare che i bischeri o i pironi non sono sufficientemente fermati, la ragione più importante sta nel cambiamento della temperatura; se si eleva, anche la lunghezza delle corde deve esser un poco maggiore, perchè l'aumento del calorico dilata i corpi. Ma ogni cambiamento di questa specie scema l'altezza del tuono. La miglior prova di tutto questo la fornisce un gravicembalo posto vicino alla fredda parete di una stanza riscaldata.

Un'altra cagione l'abbiamo più a mano. Chi vuol arrivare a conoscerla, levi ad una ad una tutte le corde da un gravicembalo ben accordato; ma non dimentichi di cominciare dalle corde di basso. Il troncarsi di tante corde di soprano gli accenna abbastanza la ragione che giuoca in questo caso. Mentre, cioè le corde di basso sono levate via, la contrazione delle parti del piano dell' instrumento, prodotta da esse, raggiunge il suo fine; anzi esso piuttosto si dilata di nuovo, e tende anche più forte le corde di soprano. Qui è riposta in pari tempo la ragione, perchè in un gravicembalo, le corde di soprano, quando l'accordatura si comincia da esse e non come si suol far sempre dalle corde di basso, s'abbassano sensibilmente di tuono.

La grande suscettibilità delle corde di minugie all'umidità dell'aria fa molto molesta la scordatura di tali instrumenti, che hanno in quantità di simili corde. In conclusione io vi dico solo che col crescere del calorico cresce la forza espansiva dell' aria, e che questa perciò appunto acquista una maggiore influenza sulle vibrazioni delle corde. Negli instrumenti da fiato, i cui tuoni durante il suono diventano sensibilmente più alti, questa circostanza fa gran giuoco.

Le *vibrazioni longitudinali* dipendono specialmente dalla lunghezza ed elasticità delle corde. Anche in esse vibrano o tutte le parti nella stessa direzione, o si formano certi punti quiescenti, come nelle oscillazioni traversali. Pertanto non se ne può far alcun uso nella musica pratica.

Digitized by Google

§. 6.

Delle vibrazioni delle pelli tese.

Non mancano occasioni di osservare le vibrazioni delle pelli tese, perchè si trovano sempre in buon dato tamburi, tamburelli e timballi propriamente detti, instrumenti assai venerabili in ragione della loro antichità. *La* FIGURA, *il* PESO e *la* TENSIONE *della membrana o pelle determinano il tuono di tutti questi instrumenti.* Oltre il tuono principale, che in essi non solo è il tuono più profondo, ma anche quasi sempre l'unico possono solo poi prodursi alcuni altri tuoni più elevati, quando si formano linee nodali sopra certe parti della membrana.

Nelle pelli circolari queste linee sono sempre concentriche, i circoli più vicini al centro, che alla circonferenza. Nei timballi la tensione della membrana si opera per mezzo di viti, nei tamburi per mezzo di cordelle.

§. 7.

Delle vibrazioni delle verghe rette e curve.

La moltiplicità dei tuoni che fanno sentire le verghe di cristallo e di metallo, non dimora solo nella formazione dei nodi di vibrazione, ma anche nel diverso modo di fermarle. Nel che devono guardarsi sei casi.

1. Due capi della verga liberi;
2. Un capo libero, l'altro fisso;
3. Uno libero, l'altro solo appoggiato;
4. I due capi fissi;
5. Un capo fisso, l'altro appoggiato;
6. I due capi appoggiati;

Noi possiamo tanto più tralasciare gli esperimenti relativi, in quanto noi non possiamo fare quasi nessun uso dei tuoni delle verghe rette e curve. Gli oggetti seguenti, che in maggior parte servono per balocchi, devono a questi principii più o meno la loro esistenza.

1. Il *violino di ferro, o l'armonica d'acciaio.* In questo instrumento parecchi pironi di ferro sono posti a semicerchio sopra un

piano e vengono fregati col mezzo di un arco ben impiastrato di ragia.

2. *La ribeba.* Le verghe, ordinariamente fatte di legno equifibroso, s'appoggiano in essa sopra della paglia intrecciata

Nei moderni tempi noi vediamo più di rado le ribebe e le armoniche d'acciaio.

3. *Gli orologi e le tabacchiere armoniche.* Delle molle elastiche, che provocano i piacevoli suoni, fanno in essi le veci delle verghe diritte degli altri instrumenti.

4 *L'armonica vocale.* In essa sono pure delle molle, fatte vibrare e che danno non poca forza ai suoni, principalmente per ciò che stanno in uno spazio quasi chiuso.

5. *La forchetta vocale o corista.* Il suo meccanismo, come i vantaggi che ci dà, sono ben noti. Essa somiglia ad una verga ricurva, i cui due nodi di vibrazione stanno assai vicini l'uno all'altro verso la inarcatura inferiore. Le forchette vocali ordinarie danno il tuono, che noi segniamo *a*.

§. 8.

Le vibrazioni delle superficie solide così rette come curve.

Oltre una campana, e un bicchiere da tavola che formano le superficie solide *curve*, appartengono a quegli esperimenti che io debbo qui istituire, diversi dischi di vetro o metallo, di figura diritta.

Quasi sempre i dischi sottili, formati di vetri ordinarii da finestra, rendono i migliori servizi (*). Per dare primieramente ad un d'essi un tal punto di appoggio, che gli serva veramente di ritegno, ma che tuttavia non lo restringa nelle sue vibrazioni, io mi servo d' uno speciale apparato, che voi vedete rappresentato nell'aggiunta fig. 110.

Le mie operazioni sono le seguenti: 1. io incastro il disco tra il cilindro *a* e la vite *b*; 2. io avvolgo, perchè non abbia a spezzarsi, il cilindro superiormente e la vite inferiormente di sughero o di pelle; 3. io lo spargo, per rappresentarvi visibilmente le linee nodali, di una sabbia fine, ma non asciutta come polvere; 4. io lo arruoto al suo orlo con lo smeriglio, perchè esso

(*) Volendo segnare col lapis sullo stesso disco le figure sonore che ne emersero, si scelga all'esperimento un piano di vetro ben bene smerigliato.

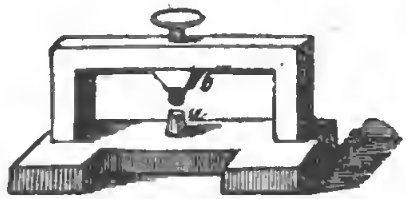


fig. 110

deve essere fregato per mezzo d'una corda di violino. Se io non avessi un acconcio apparato, mi recherei il disco tra due o tre dita e mi darei cura di toccarlo nel minor numero di punti possibile.

Ora prima di fare molte esperienze co' miei dischi quadrati, triangolari, circolari, ecc.; io vi prego di considerare bene non solo il tuono che voi udrete, ma anche le linee nodali, che voi vedrete. Le figure che si formano per le diverse linee nodali, voi potete inoltre tosto disegnarle sulle vostre lavagne. Gli sperimenti son fatti; come trovate veri i seguenti principii?

1. Solo i *suoni chiari o puri* danno al disco una figura regolare; all'incontro i *sordi*, *non puri*, eccitati specialmente da arcate oblique, confondono insieme in molti modi i granelli di arena.

2. L'altezza del tuono dipende principalmente dalla *forma del disco* e *dalla maggior composizione della figura;* in generale si trova vera la legge: *quanto più composta è la figura, tanto è più alto il tuono.*

3. Per produrre reiteratamente nuove figure sullo stesso disco, io devo cambiare sempre di nuovo, 1. il suo punto d'appoggio e 2. quel luogo al quale io devo strisciare all'ingiù il mio archetto di violino. Quale influenza esercitano le circostanze indicate, vi può essere aperto dal disegno qui aggiunto (fig. 111). Le figure stesse non abbisognano di nessuna descrizione; ma riguardo alle lettere, notate che *a* indica il punto del disco fregato e *b* il punto in cui è appoggiato.

4. In tutti i dischi, di qualunque forma si siano, ogni figura sonora si riferisce alle linee, che vanno o *traverse* o *parallele* con tutto il perimetro o una parte d'esso; un'effettiva scambievole intersezione non segue mai.

5. Le linee nodali sopra un disco quadrato sono parallele agli angoli (fig. 112) o alle loro diagonali (fig. 113). Esse non si vedono mai perfettamente rette; troviamo piuttosto che fanno sempre una piccola curvatura, e per conseguenza deviano un poco dalla direzione presa. Se le superficie si dividono in quattro minori

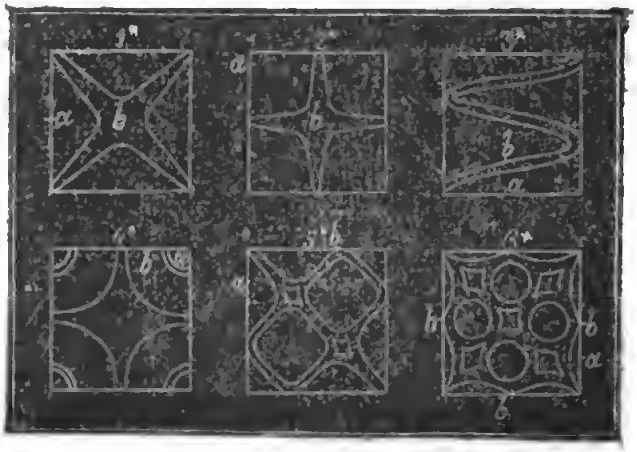


fig. 111

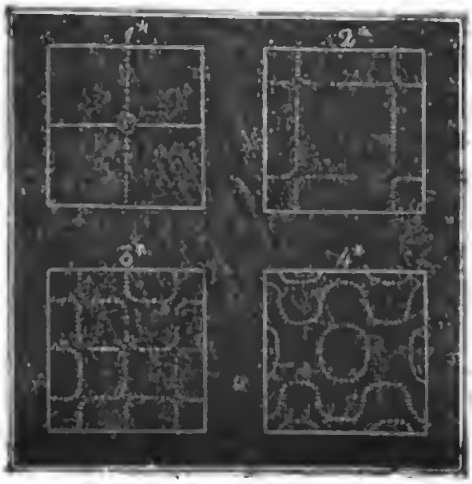


fig. 112

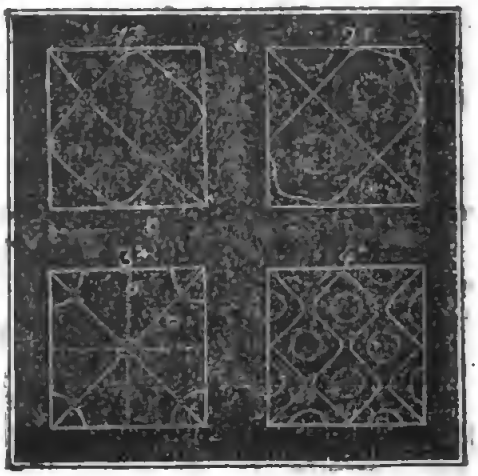


fig. 113

quadrati, ne esce il tuono più profondo; se formano al contrario un circolo quasi regolare, ne esce il tuono più alto.

6. Le linee nodali di dischi circolari formano o diametri o circoli concentrici, o gli uni e gli altri insieme (fig. 114). Cotali figure sonore, che sono composte solo di diametri, prendono, quando le linee sono rette, e s'intersecano visibilmente nel mezzo, la forma di stelle; ma prendono tutt'altra forma, quando si curvano o si separano e riuniscono in varie guise. Gli angoli, che son formati dai diametri, hanno il loro vertice naturalmente sul centro, perchè nel medesimo tempo tutte le parti del disco devono formare egual numero di vibrazioni, posseggono anche eguale grandezza. Noi non vediamo mai meno che due diametri. I circoli concentrici di rado

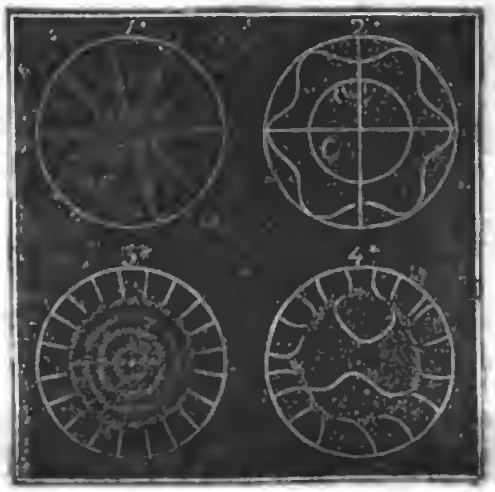


fig. 114

si vedono soli, essi sono quasi sempre congiunti con alcuni diametri. Quanto maggiore è il numero di queste linee, tanto il circolo interno parallelo si trova più vicino all'orlo. Il principio espresso sotto il numero 2 si trova vero anche nei dischi circolari. Se, cioè, due sole di queste linee s'intersecano, noi otteniamo sotto tutte le specie di oscillazione il tuono più profondo; se sono tre, il tuono è già considerevolmente più alto, ecc.

7. Nelle campane, negli anelli, nei corpi caliciformi e simili, la circonferenza circolare si divide ordinariamente in quattro, raramente in sei, otto parti o anche più, delle quali le attigue vibrano a due a due verso direzioni opposte fino ad un certo punto: questo vi vien dimostrato dalle figure qui aggiunte (fig. 115 e 116).

fig. 115

fig. 116

Se voi volete dimostrare chiaramente quelle divisioni, voi non avete che a versar acqua in un vaso da ciò (i recipienti sottili

di vetro, vecchi calici e simili sono particolarmente adatti a questi esperimenti) e notate con cura i sistemi ondulatorii che si formano al risuonare di quei corpi. Essi sono quasi sempre equabilmente divisi intorno all'orlo del recipiente; solo quando nascono più che quattro divisioni, si avvicinano più l'une all'altre, e lasciano due vuoti tra sè.

Convinto che vi farà piacere di vedere una quantità di figure sonore, io ne ho fatto tratteggiare qui altre 16, che noi possiamo ottenere sopra piastre quadrate (fig. 117). Ogni fila orizzontale dimostra come una figura determinata da qualsiasi tuono passa suc-

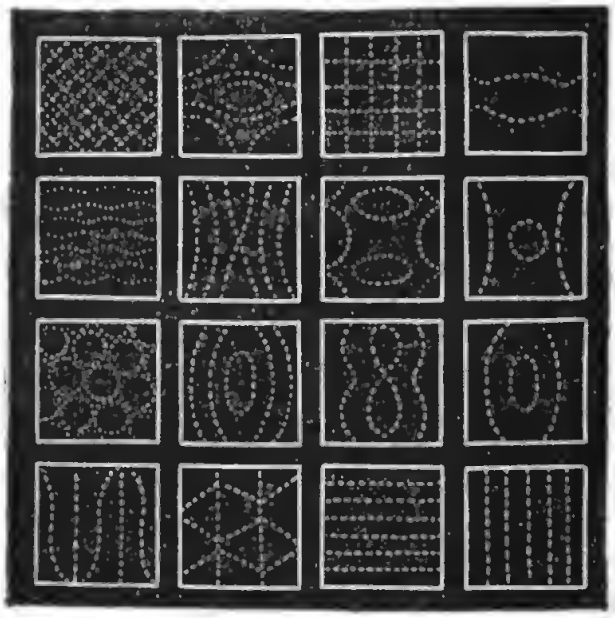


fig. 117

cessivamente in altre figure. Dischi triangolari, poligoni e circolari ci offrono simili fenomeni.

Se io giro un dito bagnato sull'orlo di un bicchiere da vino o da birra di buona misura, io ottengo un tuono, e il più profondo di cui quel recipiente è capace. A questo modo di produrre diversi tuoni, noi dobbiamo la piacevole armonica di cristallo. Eccovi la descrizione del suo meccanismo.

Sopra un cilindro, grosso circa 3|4 di pollice, e che posa sopra un sostegno orizzontale, quaranta e più emisferi di cristalli cavi, di eguale spessore sono così incastrati l'uno nell'altro che sempre l'orlo d'un emisfero sporga un poco sotto l'orlo di quello che immediatamente segue, senza però che si tocchino scambievolmente. La maggior campana dà il più profondo tuono, la più

piccola il più alto. Ma tutte queste campane sono perforate superiormente, fermate per mezzo di un sughero nel cilindro, e sono perfettissimamente accordate secondo la scala. La estensione dell'instrumento ascende da tre fino a quattro perfette ottave. Ora perchè le campane girano contemporaneamente al cilindro, anche le loro linee nodali non stanno sempre nello *stesso* luogo, ma si muovono successivamente in giro. Questo appunto causa notevoli difficoltà nella costruzione dell'instrumento in discorso. Per altro l'armonica di cristallo in quanto si distingue per la finezza e la durata del suo tuono, rimane sempre un instrumento che si limita a soavi impressioni e può poco o nulla esser combinata con gli altri instrumenti musicali.

§. 9.

Delle vibrazioni dell'aria.

Perchè l'aria generi un suono, si richiede la cooperazione di un corpo solido. Senza di questo, non si ha che un rumore. Ma quasi tutti i corpi solidi, in cui essa è rinchiusa, si dilatano principalmente per lo lungo, e portano il nome d'instrumenti da fiato. Onde entrano nella nostra provincia anche i flauti, i fagotti, le trombe, le trombette, i corni da caccia, i clarinetti e anche i magnifici organi con le lor numerose canne.

Il mezzo più semplice di produrre un suono negli instrumenti della specie indicata, consiste nel dar loro fiato in modo che un sottile strato d'aria sia messo in moto con somma velocità, e si rompa nel filo o taglio degli orli delle canne. Un tale strato d'aria fa pertanto le veci dell'arco nel violino e nel violoncello, ecc.

Il modo dell'intuonare si regola secondo la qualità dell'instrumento (si confrontino per questo punto il flauto, il corno da caccia e il clarinetto), bisogna impararlo e farvi pian piano abitudine. Noi riconosciamo che effettivamente la colonna d'aria, e pertanto non il corpo, da cui essa è circondata, genera il suono, quando tocchiamo con le mani un qualsiasi instrumento da fiato, e consideriamo se si senta una stonatura e forse una improvvisa cessazione di suono, come avviene in simili circostanze d'una corda che suoni. Ma il detto mezzo non cagiona mai uno dei cambiamenti indicati; senzachè ogni sonatore di strumento da fiato, sa per esperienza, *che l'altezza del tuono dipende dalla lunghezza*

della colonna d'aria. Le vibrazioni d'una colonna d'aria sono longitudinali.

In cotali instrumenti da fiato, che come i corni da caccia e le trombette, consistono di una canna senza buchi, i suoni sono prodotti solo per mezzo d'una diversa intonazione. La colonna d'aria o vibra qui per tutta la sua estensione, o si divide come una corda in 2, 3, 4 e più parti eguali. Sebbene instrumenti di questa specie, perchè in essi i tuoni stanno fra di loro come le lunghezze delle colonne d'aria vibrante, non dovessero dare propriamente che solo i suoni della serie naturale de' numeri, vale a dire

1.	2.	3.	4.	4.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
C.	c.	g.	c.	e.	g.	hes.	c.	d.	e.	fis.	g.	a.	hes.	h.	c.	ecc.

pure i buoni suonatori cavano perfettamente anche gli altri tuoni, ma solo nelle ottave più alte. Nelle trombe vibra in maggior parte solo tutta la colonna d'aria. Tuttavia se un suonatore vuole cavare ad un fiato due o tre diversi tuoni, egli non deve che variare l'imboccatura, e nella maggior parte dei casi raggiungerà il suo scopo.

Se poi un instrumento di tal natura sia *dritto* o *curvo*, importa poco al suono. Io devo far anche menzione del corno dell'Alpi. Questo è l'instrumento sommamente semplice da cui gli Svizzeri cavano il loro *ranz des vaches*, ch'è forse il pezzo di musica più semplice consistente solo dei tuoni 2, 3, 4 e 5. Essi lo costruiscono in un modo singolare. Fermando cioè la punta d'un giovane albero sulla terra lo costringono poi a crescere alcuni anni, finchè sia giunto alla necessaria robustezza in una direzione semicircolare. Dipoi lo spaccano per lo lungo, incavano le due metà e poi le incollano di nuovo insieme. All'ultimo mettono una imboccatura al curvo instrumento, se lo pongono alle labbra, e ne traggono fuori i piacevoli suoni.

Dalle lunghe canne, che, come nei registri dell'organo, non hanno buchi, noi possiamo veramente cavare alcuni tuoni della serie naturale dei numeri per mezzo di una più forte insufflazione; ma noi non facciamo alcun uso di questi tuoni secondarii. Presupposto eguale tutto il resto, *i tuoni fondamentali stanno anche qui nella stessa proporzione che le lunghezze delle canne.* Nella produzione del tuono fondamentale di una tal canna, che è aperta superiormente, si forma sempre nel mezzo un nodo di vibrazione; in ogni altra, chiusa superiormente, questo già non avviene.

Ora voi conoscete anche la ragione perchè una canna tostochè è chiusa, manda un tuono, che supera in profondità il precedente di tutta un' ottava. Ogni meccanismo d'organo ha un registro di sedici piedi. Chi vuole instituire esperienze sul suono delle canne, si formi un apparecchio come quello ch'è disegnato nella fig. 118; *ss* indica un mantice ordinario, *p* il pedale, pel quale quello viene gonfiato; *cc* una cassetta; *ff'* la canna, che conduce il vento in *cc*. Oltre le parti già dette, voi notate inoltre nella superficie della cassa *cc*, circa una dozzina di buchi. Questi veramente sono chiusi da valvule; ma possono esser aperti, sol che voi premiate i tasti che vi corrispondono tra *h* e *h'*. Per mezzo della verga *t*, il vento si rende a piacere più debole o più forte.

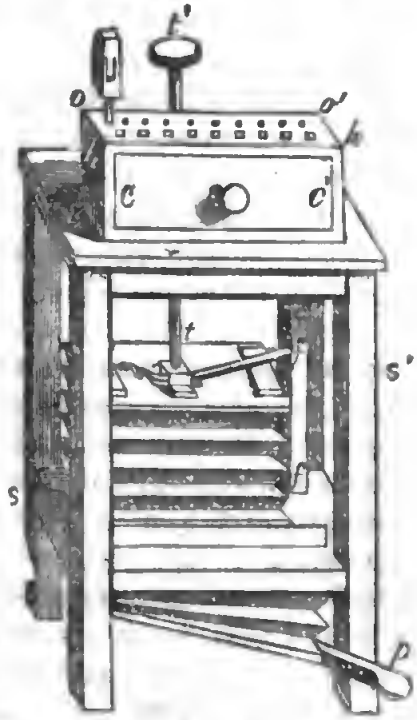


fig. 118

Per poter suonare intiere melodie, noi abbiamo bisogno di strumenti muniti di buchi. Io vi rammento prima d'ogni altro il flauto. La diversa altezza dei tuoni è principalmente prodotta dall' accorciare od allungare che noi facciamo le colonne d'aria vibranti, in quanto apriamo o richiudiamo i buchi. Se noi copriamo tutti i buchi della canna, l'instrumento, essendo ora fatto al tutto come un corno da caccia, una trombetta, ecc. è capace della serie dei tuoni naturali.

Chi vuole conoscere i tuoni che si producono, quando con la colonna d'aria vibra contemporaneamente anche un corpo solido, levi una canna dal così detto bordone dell'organo. Le sue principali parti sono la canna e l'imboccatura; la prima è sempre aperta ed ha nei diversi registri una diversa figura; nella seconda, che, come quella che suona anche sola, può passare per un separato instrumento, vi è la *lingua*, una foglia di metallo sottile lunga mobile. In virtù della pressione di quell' aria che penetra nella canna, s' apre l'animella all' imboccatura, la lingua entra in un movimento di vibrazione, e quando è adatta ad aprire, dà al tuono quel suo squillo particolare ed ingrato.

Gli oboe, fagotti, clarinetti, e in generale tutti gl' instrumenti musicali che hanno: 1. un'imboccatura che assomiglia alla parte di tal nome in un piffero, e 2. dei buchi o anche delle valvule nelle loro pareti, sono ancora molto meno rigorosamente esaminati, che i corni da caccia, le trombette e simili.

§. 10.

La risonanza o la consonanza dei corpi.

Ecco qui 2 violini perfettamente accordati insieme. Mentre io frego la corda *g* d'*uno* dei due instrumenti, noi vediamo chiaramente, che con essa vibra ancora la corda omonima dell'altro. L'identico fenomeno noi riscontriamo nella corda D, nell'A, e nell'E. Come cioè la corda toccata si muove, così fa anche l'omonima sul secondo violino; anzi questa continua a vibrare, quando quella, premendola con un dito, è da gran tempo tornata in istato di quiete. Un interesse anche maggiore eccita la mia esperienza quando io tocco la corda per modo, ch'ella si divide in 2, 3, 4 od anche più parti eguali, o forma i così detti nodi di vibrazione. Così io pongo a cavallo della corda omonima del secondo violino una quantità di pezzetti piegati di carta, e rinnovo l' esperienza nel modo già detto: « E che vedete voi ora? ».

Sebbene tutti gli altri pezzetti furono traboccati giù tostochè quella corda cominciò a vibrare, tuttavia rimasero in quiete quelli che coprivano quei punti, nei quali s'era divisa la toccata corda. Onde segue per conseguenza un trasporto dei nodi di vibrazione della corda toccata sopra la corda omonima dell'altro violino. Io fo inoltre menzione di alcuni altri esperimenti che appartengono a questa materia. Il tuono di una forchetta vocale *libera* è straordinariamente debole, anzi quasi al tutto non percettibile; all'incontro quello d' una forchetta vocale *appoggiata sulla tavola*, o, ancor meglio, d'una unita al piano sonoro d'un instrumento col mezzo d'un lungo filo metallico, è molto forte, anzi d'una efficacia veramente meravigliosa. Così ogni corda che non sia tesa sopra il piano sonoro d'un instrumento, rende solo un debole suono. Chi non sa finalmente, che un suono distinto, sia della nostra voce, sia di qualunque instrumento, rimbomba chiaramente in un gravicembalo che si trovi vicino?

Ov'è dunque riposta la causa di tutti questi, ed anche di molti altri fenomeni dell'indicata specie? Ora imparate i seguenti principii fondati, così in teoria come anche in esperienza.

Digitized by Google

1. *Il corpo sonoro comunica le sue vibrazioni ad un corpo omogeneo più facilmente e meglio che ad un eterogeneo.*

2. *La perfezione, onde le vibrazioni d'un corpo solido, si trasmettono all'aria, dipendono dalla* FORMA *di lui* (i piani vanno in questo innanzi ai cilindri). DALL'ALTEZZA DEL TUONO (quanto è più alto il tuono, tanto è più perfetta ordinariamente la trasmissione) e dal MODO DI VIBRAZIONE (le vibrazioni per lo lungo vanno meglio, perchè si trasmettono più di leggieri, che le vibrazioni per lo traverso).

È da tenersi conto principalmente della forma dei corpi. Questo vi è già dimostrato dall'esperienza della forchetta vocale. Se io la appoggio, mentre ancora risuona, sopra una tavola, le sue vibrazioni si comunicano al legno, e perchè la tavola ha una grande superficie, si trasmettono tanto più facilmente all'aria. Ora vi sarà chiara anche l'importanza dei piani degli instrumenti. *Quanto è più asciutto, più elastico, e più equifibroso, il legno di cui essi constano, tanto più gagliardi e gradevoli rimbombano anche i suoni.* Ordinariamente il piano armonico acquista mano mano di bontà. Chi possiede il sottile dono di osservazione di trovare costantemente il legno più acconcio, composto delle fibre più facilmente eccitabili, fornirà anche instrumenti, che noi non troviamo a comprare ad ogni cantonata. I musicanti esperti riconoscono talora dal suono d'un forte-piano, d'un violino, ecc l'autore dell'instrumento. Se il piano sonoro è troppo grosso, le sue parti sono poco scosse, s'è troppo sottile, lo sono troppo. Già voi potete di qua trarre la spiegazione, perchè, mentre i flauti generano talora suoni *sordi* e le canne dell'organo suoni *striduli* (nei primi le pareti son troppo grosse, nei secondi troppo sottili) e perchè i piani sonori prima spezzati e poi di nuovo incollati insieme danno bene spesso un suono più rimbombante che prima. I modi di dire del genere dei seguenti: il mio forte-piano risuona meglio in *Mi* maggiore che in *Fa* maggiore; i tuoni *Sol diesis* riescono particolarmente pieni e forti, ecc., s'appoggiano sopra un solido fondamento. Un piano sonoro contiene, com'è noto, fibre della più diversa specie. Ora perchè ogni corpo comunica le sue vibrazioni ai corpi omogenei più volentieri che agli eterogenei, è evidente che quei tuoni che toccano il maggior numero delle fibre a loro corrispondenti, posseggono eziandio la forza più rilevante.

Da ultimo io fo menzione di un'arte, che ha specialmente in passato fatto gran rumore, intendo il così detto *glaszerschreien* (rompere un bicchiere di vetro colla forza della voce). Figuratevi una persona, la cui voce è assai forte, e un bicchiere, la cui capacità a vibrare è straordinariamente grande! Quella s'arrechi il bicchiere

alla bocca e vi gridi dentro a tutta gola nel tuono fondamentale di esso. Quanto più dura lo strido, tante più scosse riceve il bicchiere; finalmente, per le sue troppo violente vibrazioni si disfà in polvere. Che questo singolare artista abbia fatto innanzi una fessura nel suo vaso, è un sospetto fuor di luogo; tuttavia noi udiamo assai spesso nelle chiese, quando un suono forte profondo vi è lungamente durato, tintinnire gagliardamente le vetrate: (o non abbiamo mai veduto una vetrata andar in pezzi allo sparo dei cannoni?) Il rompere i vetri con la voce era già noto in antico ai Giudei.

Talora un bicchiere si spezza improvvisamente da se stesso. Molti ignoranti, che si trovano a tal fenomeno, ne vengono in grande apprensione, imaginandosi che o la loro propria morte non sia lontana, o che almeno uno de' loro congiunti debba morire in breve. Quale pazzia! Il noto fenomeno è tanto lontano dall'esser annunzio di morte, quanto il piccolo scarafaggio che becca i nostri tavolati, o la civetta che fa sentir la sua voce sul parapetto della finestra della camera d'un malato. Anche in quel fenomeno secondo ogni probabilità, la causa è riposta in un fortissimo scotimento di tutte le parti del bicchiere in discorso.

§. 11.

Della forza del suono.

L'esperimento coi due cucchiai d'argento, lo stroppicciamento di due pietre sopra la superficie dell'acqua; la nota abitudine di stenderci a terra, quando vogliamo udire chiaramente un lontano romore, ecc., ci hanno insegnato, *che il mezzo che circonda il corpo sonoro ora indebolisce, ora rinvigorisce i suoni.*

Per fare almeno anche un'altra di queste esperienze, io pongo un oriuolo successivamente nell'acqua, nell'olio d'olivo, nell'olio di trementina e nell'aria (i fluidi indicati si succedono nell'ordine della loro rispettiva densità: l'acqua è più densa che l'olio di olivo; questo più denso che l'olio di trementina, l'olio di trementina che l'aria) e vi richieggo di osservare minutamente quanto si faccia sentire il tintinnio di esso oriuolo in ciascun fluido. Il successo fa stupire. Posto nell'acqua l'oriuolo ci fa sentire i suoi battiti distintamente anche ad una distanza di 20 piedi; nell'olio d'olivo alla distanza di 16 al più; nell'olio di trementina di 12., e nell'aria

libera solo di 8. L'esperienza conferma adunque la seguente legge: *Quanto è più sottile il mezzo conduttore, tanto è più debole il suono; quanto è più denso il primo, tanto il secondo è più forte.* Onde non vi dee far meraviglia che gli instrumenti musicali risuonino più forte nelle stanze fredde che nelle calde; che una pistola sparata sopra un'alta montagna, rimbombi solo come una spingardella, ecc.

La cagione, per la quale un suono si sente più lontano di notte che di giorno (lasciando stare che il rumore del giorno è cessato e il senso dell'udito s'è fatto tanto più acuto) dipende principalmente dalla circostanza indicata; ma anche forse da ciò che le ondulazioni sonore devono passare di giorno per strati d'aria ora più sottili ora più densi. Questa differenza si riscontra specialmente forte nella zona torrida. Se noi dovessimo poi aggiustar fede alle notizie che ci son date, nelle regioni polari, quando l'aria è freddissima, una forte voce umana si sente alla distanza di 7 mila piedi. Nelle nostre parti è trasmessa appena alla distanza di 7 cento piedi. Le maggiori distanze infino a cui si sono diffusi e in parte ancora sempre si diffondono alcuni nei più grandi scuotimenti, sono notati nei seguenti esempi: « Le esplosioni del vulcano di Saint-Vincent, si udì fino a Demarary, e pertanto alla distanza di 300 miglia inglesi; un colpo di cannone si sente più in là di 20 miglia tedesche; un colpo di fucile a 8000 passi; uno squadrone di cavalleria fino a 2400 piedi, ecc.

Il modo, onde il suono si propaga da un luogo all'altro, c'insegna altresì, *che la forza di esso è determinata dalla distanza dell'uditore dal corpo sonoro.* Quanto il suono procede più oltre nel suo cammino tanto è più grande ciascuna delle sue ondulazioni, tanto è più piccola la sua forza. Presupposto che l'aria sola sia il mezzo propagante, o per esprimerci con più precisione, che le oscillazioni dal corpo sonoro o dal centro di vibrazione si spandano per tutti i lati (qui non si parla di canne), *allora la forza del suono decresce in ragione inversa dei quadrati della distanza.* Quasi ancora più che l'esperienza (la quale ci lascia sovra questo punto dare non di rado false sentenze) la teoria fornisce la prova di questa legge.

Moltissimi instrumenti a tasti sono così organati, che noi per mezzo di adatti pedali, possiamo in generale farli suonare, ora più forte, ora più piano, al tutto come ci piace. Anche i violini stanno per simil modo al nostro comando. Ora esaminate più da vicino quegli instrumenti, voi vedrete i martelli battere, quando i suoni sono forti immediatamente sulle corde, ma nel caso contrario sopra pezzi di panno fermati artificialmente. Nei violini le

così dette sordine smorzano il tuono. Se poi in un andito che nel solaio e nelle pareti è per dir così imbottito di sacchi di lana, si parla e s'ode a fatica (nell'occasione dei mercati di lana altri può convincersene, almeno in certi luoghi); se le campane in certi giorni d'inverno, quando la terra è coperta di neve suonano meno chiaramente che nei giorni in cui non c'è neve; se un instrumento in una camera, le cui pareti son nude, suona più fortemente che quando le mura sono coperte di tappezzerie a più doppi; questi e molti altri fenomeni simili, vi fanno conoscere una terza cagione da cui dipende la forza del suono. Io la chiamo *il dintorno del corpo risonante.*

Invece di riferire qui parecchi altri fenomeni relativi, p. e. il ficcar la mano negli spiragli dei corni e delle trombette, il coprire i timballi e i tamburi con pannilini ecc. ecc., io vi fo notare più volontieri i seguenti punti: 1. la causa ultimamente data del rafforzamento o indebolimento del suono, coincide in maggior parte con la risonanza; e 2. ell'è anche quella che eccita ordinariamente il superstizioso ad ogni specie di opinioni stravaganti. Vi sono ancora uomini, a cui ex. g. il cupo suono delle campane o il romor del colmare una fossa passa per il più sicuro segno di una imminente morte.

Sopra la forza del suono esercita un'influenza di qualche momento *anche la direzione del corpo sonoro.* Così p. e. l'esplosione d'un cannone è udita più fortemente verso quel lato a cui è volta la sua volata; l'oratore volge sempre il suo volto agli uditori, ecc. Se i raggi sonori vengono rettilinei alle nostre orecchie, noi udiamo i suoni forti; nel caso contrario, deboli. Solo il suono della forchetta vocale sembra fare eccezione.

§. 12.

Dei limiti dell'udibilità giusta l'altezza e la profondità.

Gli scienziati non sono concordi sopra i limiti dell'udibilità secondo l'altezza e la profondità, e non lo saranno mai, perchè dipendono da troppe circostanze. Così p. e. certe persone hanno una maggiore suscettività pei tuoni alti; altre all'incontro pei bassi. Comunemente si tiene l'Ut di 32 piedi pel tuono più basso. Questo nome porta quell'Ut che dà una canna d'organo, lunga 32 piedi, aperta superiormente, in cui la colonna d'aria sonora fa in *un*

secondo solo 32 vibrazioni, e che è due ottave più basso che l'Ut grande dei nostri gravicembali. Il CONTRA Ut fa per conseguenza 64 vibrazioni in un secondo; il grande Ut 128, il piccolo Ut 256, il più profondo soprano *ut* 512, l'*ut* bilineato 1024, l'*ut* trilineato 2058, l'*ut* quadrilineato 4096, l'*ut* quinquelineato 8192. I tuoni, che noi quasi sempre usiamo sul forte-piano vanno da *contra fa*, fino al *fa* quadrilineato, e hanno per lo spazio d'*un* secondo i numeri di vibrazione 85 1|3 e 5461. Quello che finora ritrovammo sui limiti dell' udibilità secondo l' altezza e la profondità, si può racchiudere nelle poche parole: *la serie dei tuoni comincia con l'*ut *di* 32 *piedi e finisce col* sol *seslineato*. L'ultimo tuono vibra in un secondo sopra 24000 volte.

§. 13.

Degli organi vocali dell'uomo.

Noi versiamo ancora sempre in grandi incertezze sopra il meccanismo degli organi della voce, e sul modo in che essi producono un suono. Veramente gli scienziati in tutti i tempi hanno dato seriamente opera a ricercare la proprietà dei tuoni della voce umana, specialmente la loro produzione; ma la difficoltà della ricerca da *una parte*, che può solamente instituirsi sui cadaveri, e pertanto non già, come sarebbe da desiderarsi, sui corpi viventi, e dall'*altra parte* la non infrequente mancanza delle necessarie vastissime cognizioni sul suono, sulla struttura del corpo umano in generale, e anche sulla musica, fanno sì che non si può giungere a nessuna idea soddisfacente sugli oggetti nominati.

Dal polmone, viscere doppio membrano-celluloso, l'aria passa nella *trachea*, reagisce costantemente allo sforzo che fanno le sue cartilagini elastiche per allargarla mediante un muscolo trasversale, che più o meno la restringe. Solo per questo modo l'aria può affluire in essa dal polmone ora con maggiore, ora con minore veemenza. Dalla trachea essa arriva nella *laringe*, *glotta*, *faringe*, e ultimamente nella *cavità* della *bocca*. La *glotta*, ch'è indubitatamente il principale organo vocale, è formata da due piccole membrane elastiche (i ligamenti vocali), che stanno l' una presso all' altra. Volendo vedere come agisca, voi non avete che a tendere più o

meno fortemente sopra una canna due pellicole ancora umide di un ovo di gallina; tostochè, mediante l'aria che urta i loro orli, vengono a vibrare, voi udite un suono. Alcuni che trovano gli organi in discorso simili ad una canna dell'organo, veggono nel polmone il mantice, nella trachea la parte inferiore dell'imboccatura nei ligamenti la lingua e nella cavità della bocca quella parte di una tal canna, ch'è ordinariamente detta corpo. Altri la comparano ad una canna da flanto; altri ancora, ma certo con ragioni non meno insostenibili, riuniscono le due idee insieme. Le circostanze, che indubitatamente contribuiscono assaissimo alla diversità dei suoni, sono:

1. *L'alzarsi e l'abbassarsi della laringe.* Chi non ha osservato che un basso nei tuoni bassi, per elevare maggiormente quell'organo, vale a dire, per appressarlo maggiormente agli altri organi vocali, abbassa il mento, e che, quando vuol produrre tuoni alti, di nuovo li eleva?

2. *Il diverso aprire e richiudere delle cavità della bocca e del naso.* L'uno e l'altro non opera veramente sull'altezza e la profondità, ma tanto più sulle altre proprietà dei suoni, di cui non vi posso dare i nomi. Ricordatevi qui adunque solo della pronunzia delle vocali a, e, i, o, u, ecc., ecc.

3. *La diversa lunghezza delle membrane vocali.* Nei fanciulli e nelle donne queste parti sono corte; negli uomini all'incontro assai sviluppate; anzi il doppio più lunghe che in quelli. Appunto questa circostanza, determina straordinariamente l'altezza e la profondità dei suoni. « Vi meravigliate ancora che gli uomini ordinariamente parlano un'ottava più profondo che le donne e i fanciulli? »

4. *La tensione delle membrane vocali.* Tanto è più grande, tanto più stretta apparisce la glotta, tanto più alto il suono.

Finora non è riuscito a nessuno artefice di produrre una favella perfettamente articolata per mezzo di macchine; sempre quando fu messo fuori alcun che di simile, vi fu dentro inganno.

§. 14.

Gli organi dell'udito dell'uomo.

I raggi sonori arrivano primamente nel *padiglione dell'orecchia.* Perchè questo raggiungesse più perfettamente il suo scopo di raccogliere quelli al tutto come una tromba acustica, il Creatore (così

dicono molti), lo collocò originariamente lontano dal capo, e la provvide anche di muscoli, mediante i quali potesse esser mosso a piacere ora verso questo, ora verso quel lato; ma l'uomo si travagliò sempre quasi ansiosamente, a premerla bene stretta al capo e a rendere al tutto inservibili particolarmente quei muscoli, che noi vediamo così spesso in azione nei cavalli, nei cani e in altri mammiferi. Dall'orecchio esterno i suoni arrivano nel *meato auditivo*. Esso è coperto da peli, e contiene un amaro cerume *(umor sebaceo)*, che in parte chiudono l'entrata ai piccoli animali nel santuario dell'orecchio, in parte ne mantengono le delicate parti nella necessaria mollezza e pieghevolezza. Come è poco buon consiglio lo stuzzicare spesso il detto canale con un netta-orecchio, specialmente se si va troppo a fondo fino alla membrana del timpano, così sarebbe pregiudicievole il lasciare troppo ammassare quel cerume. La quale ultima negligenza produce non di rado un compiuto otturamento del meato uditorio. Chi si vuol coricare a dormire in un luogo ove sia da temere che vi striscino entro certi insetti, non trascuri o di turarsi gli orecchi con bambagia o di legarsi un fazzoletto intorno alla testa. Ogni animaletto, sia pur piccolo, produce quasi insopportabile molestia nel meato auditivo per i suoi vivi moti. Se non si può senza lesione dell'orecchio ricacciar fuori coi mezzi dell'arte, il male intruso si lasci morire ed anche tranquillamente imputridire nel suo carcere. L'orecchio lo caccia all'ultimo da se stesso a pezzo a pezzo. Una membrana molto sottile, la *membrana del timpano* divide l'esterno meato uditorio dalla *cavità del timpano* ed è tesa all'interno da un muscolo speciale. Dalla cavità del timpano una canna va verso il naso, che si apre nella faringe, e che a cagione della sua forma si chiama la *tromba d'Eustachio*. Ell' è sempre piena d' aria. Questa si rinnova effluendo ed affluendo di tempo in tempo. Questo è in ogni caso di alta importanza; perchè le persone, la cui tromba d'Eustachio ha patito un otturamento, e in cui pertanto non può più aver luogo l'afflusso di nuova aria, sono sorde. La cavità del timpano contiene quattro delicati ossicini; il *martello*, l'*incudine*, l'*osso lenticolare* e la *staffa*. Formano insieme una catena non interrotta, e seguono l' uno all' altro nell' ordine indicato. Il martello posto vicin vicino alla membrana del timpano, è connesso anche con lei e la staffa congiunta ad una sottile membrana che divide la cavità del timpano dal laberinto, sono forniti di muscoli. Il *laberinto* consta del *vestibolo*, di una cavità ovale, abbastanza grande; della *coclea*, in cui si vedono due sinuosità e mezzo ossee spiraliformi, e tre canali *semicircolari*, ciascuno dei quali con

un capo imbocca in un sacco membranaceo e con l'altro nel vestibolo. Nell' umore di cui è pieno, s'immerge il *nervo acustico* nudo, che si fende in due principali rami capellati, e sente ogni scossa ch'è comunicata al liquido.

Se io avessi a mano buoni modelli, o anche meglio, preparati anatomici, io non tralascierei di presentarveli e analizzarveli per darvi un'idea chiara dell'organo dell'orecchio. In mancanza d'ogni mezzo, considerate soltanto le seguenti figure. La fig. 119 vi mostra la struttura del laberinto in generale; inoltre *s* la coclea, *v* il vestibolo con la finestra ovale, e i canali semicircolari, e *n* i meravigliosi nervi auditivi. Nella fig. 120 *m* rappresenta il martello, *o* l'incudine, *l* l'osso lenticolare, e *t* la staffa; la fig. 121 poi di-

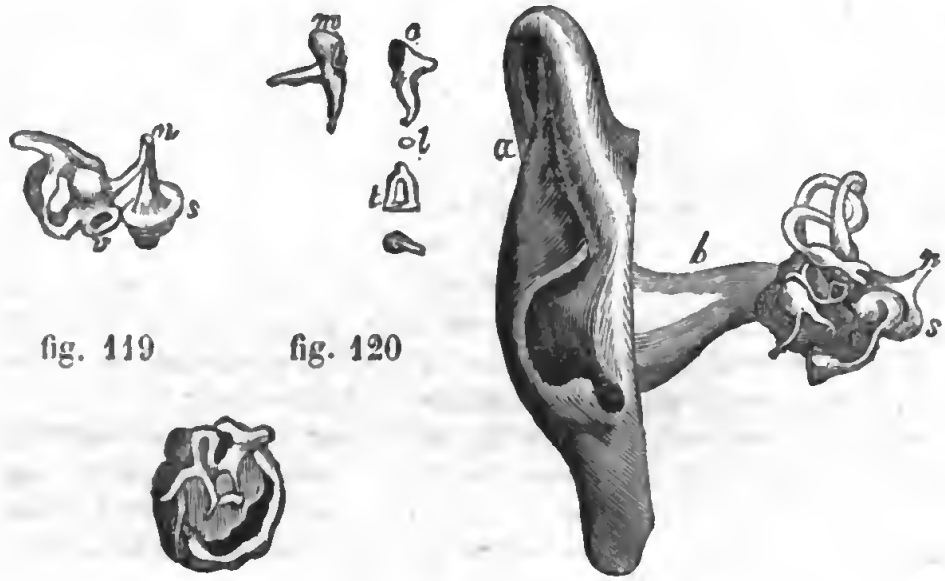


fig. 119 fig. 120

fig. 121 fig. 122

mostra questi ossi nella loro reciproca connessione con la membrana del timpano *c*; la fig. 122 finalmente vi dà un'imagine fedele non solo dell' orecchio interiore, ma anche del condotto auditivo *b*, e del meato auditivo e del padiglione dell' orecchio, fig. 119, 120, 121, 122.

Quali parti si ricerchino assolutamente all'udire, non è ancora esattamente rintracciato. Alcuni opinano, che gli ossicini dell'organo auditivo siano indispensabili, perchè essi hanno a portare il suono dal timpano fino entro al laberinto: ma non va così,

perchè noi abbiamo esempi, che uomini a cui mancava l'incudine e il martello sentivano il suono non meno bene degli altri. Solo la staffa sembra essere impreteribilmente necessaria. Se cade, la membrana della finestra ovale si lacera, e per conseguenza anche quella parte del vestibolo, che è chiusa da una sottile membranetta; l'umore acqueo esce dal labirinto, il nervo acustico perde la sua sensitività, e una sordità insanabile viene ad affliggere l'infelice.

Il cammino che il suono segue nell'orecchio è molto complesso. Qui sta in pari tempo la cagione, perchè noi non possiamo sempre esattamente determinare da qual parte si trovi il corpo sonoro. Solo questa incertezza rende possibile al ventriloquo di produrre l'illusione come se non parlasse lui, ma un'altra persona. Mentre egli cioè, senza aprire la bocca e muover le labbra, profferisce parole, noi manchiamo del mezzo ordinario di convincerci che egli stesso è la persona che parla. Ma ancora l' illusione non ha raggiunto il suo supremo grado; questo si consegue quando egli alternativamente interroga nel modo usato, e risponde con un tuono cupo e che rimbomba quasi da lontano. Per altro anche la sua arte è un effetto di cause perfettamente naturali. Se i raggi sonori non facessero nessuno sforzo di costantemente riprendere la loro originaria direzione, e ricevessimo noi inoltre in quell'orecchio, dal cui lato è seguita la scossa, il suono tanto forte quanto nell'altro, noi saremmo incerti sulla situazione del corpo sonoro anche più spesso, che non avviene.

Non è necessario che il suono, per mezzo del meato auditorio esterno, arrivi alla cavità del timpano e alle due finestre; egli può piuttosto prendere il suo cammino fino ai nervi per altra guisa, di che noi possiamo convincerci per molti modi. Così sebbene p. e. le due orecchie siano benissimo turate, tuttavia noi udiamo chiaramente il tintinnio d'un oriuolo, solchè sia messo a contatto con la nostra fronte. Come potrebbero poi p. e. i sordi, il cui male vien solo da ciò che la struttura dei loro organi acustici esteriori è difettosa, sentire i suoni quando prendono tra i denti una tromba acustica o qualunque altro corpo solido? In questo e in simili casi il suono si comunica o per mezzo di corpi solidi al nervo acustico, o arriva per la tromba d'Eustachio alla cavità del timpano. Uno che amava nascondere la sua sordità, portava sempre una canna d'argilla in bocca e la volgeva ogni volta verso la persona che parlava. Io vi manifesto ancora un altro fenomeno assai mirabile. Io pongo cioè sul mio capo il manico di una forchetta

vocale che oscilli, mentre io chiudo l'*un* orecchio; io odo con quest'orecchio il suono più forte che mai.

Noi distinguiamo ordinariamente una doppia specie di sordità: 1. una sanabile nella maggior parte dei casi, e la cui causa è riposta soltanto negli organi acustici esteriori; e 2. un'altra della cui guarigione non possiamo affidarci, per essere rimasto offeso il nervo acustico.

Digitized by Google

SEZIONE SESTA.

Del Calorico.

§. 1.

Alcuni cenni sul calorico in generale.

Il calorico fa una gran parte in natura, ed ha specialmente un'immensa influenza sopra gli esseri umani. Senza calorico noi non possiamo sussistere un minuto; senza un certo grado di calorico noi non possiamo vivere un solo istante con l'animo sereno e ilare. È inoltre il signore dei nostri piaceri e del nostro malessere, la nostra malattia, e il nostro medico. Chi altri che il calorico ci suole stendere sul letto dell'infermità, e ci concede di nuovo la gioia di levarcene su di nuovo, quando sia così stabilito nel consiglio dell'Eterno? Nella calda state, noi soggiacciamo al suo eccesso; nel freddo verno la sua mancanza ci fa agghiadare. Se cresce in eccesso, noi ardiamo di febbre; se si dilegua a un tratto in un grado troppo notevole, noi siamo tormentati non di rado dal reumatismo e da un esercito di altri mali. Tanto è potente la forza con che esso ci domina come suoi schiavi.

Ma noi abbiamo imparato a sottoporlo anche in molti modi al nostro volere, e a servircene a soddisfacimento dei nostri bisogni. Secondochè noi ci troviamo nelle regioni polari, o sotto il sole tropicale, noi gl'ingiungiamo in certo modo, per mezzo di abiti, che sono fatti di materie non bene deferenti, o di non sfuggire dal nostro corpo, o di starne lontano. E non gl'ingiungiamo ancora di darne un dolce ambiente nelle stanze, che noi abitiamo, e morbidezza e buon gusto alle vivande che noi vogliamo mangiare? Anzi non abbiamo noi l'arte, disponendo le stanze e i letti in un certo modo, di mantenerlo mentre dormiamo in un grado sufficiente? Quando il sole parte, e il cielo si vela di oscurità, chi ci dà la luce? Il calorico la versa per l'aria; il cero ardente, la

lampada fiammeggiante formano un giorno artificiale e rendono al lavoro e al piacere, le ore, che noi altrimenti dovremmo passare inoperosi. Tuttavia ci fa infinitamente più stupire come l'età moderna ci abbia insegnato a trarne costrutto.

Non volendo ora entrare in lunghe esposizioni, noto solo, che sono specialmente i vapori d'acqua che al presente si volgono dagli uomini a tanti utili fini. Quante volte udiamo noi vantare i vantaggi del cuocere per mezzo di tali vapori! Che inoltre essi sian atti a dare agli appartamenti una benefica temperatura, lo confermano tutti quelli che l'hanno condotto in tubi al fine designato, e introdotto poi questi negli ambienti abitati. Anche nello scaldare altri oggetti ci rendono pregevoli servigi. Finalmente danno ali al naviglio, e vincono la resistenza dell'aria e delle correnti; spingono a terra i nostri legni, e si lasciano di gran tratto indietro gli uccelli che volano, e il vento che romba.

O che cos'è la forza della macchina a vapore? La forza, che questi apparecchi miracolosi rivelano, la loro indipendenza dalle circostanze locali, il piccolo spazio che essi richiedono a spiegare una grande forza; specialmente l'attitudine di muoversi dall'un luogo all'altro senza il menomo aiuto straniero, sì questo è che assegna ai piroscafi e alle vaporiere un sì alto posto, ed ecclissa rispetto a loro tutte le altre macchine.

Alla domanda: ch'è dunque propriamente il calorico? non può rispondersi che al fine di tutta la sezione.

§. 2.

Dei mezzi che eccitano il calorico.

Quando io batto più volte sopra una selce un acciarino della specie che s'incontra facilmente in molte cucine, scattano piccole scintille, che non solo illuminano, ma accendono subito l'esca. Il simile sperimenta ogni fabbro-ferraio nella sua fucina. Sebbene la verga di ferro, che egli vuol lavorare, sia da principio al tutto fredda, pure egli le fa prendere presto un grado notevole di calore, se vi batte sopra bravamente il pesante martello. Il calorico ci si dimostra principalmente nell'arroventamento del metallo in discorso. Perchè vediate inoltre come si comportino quelle scintille, io le lascio cadere sopra un foglio di carta bianca. Veramente esse non offrono al presente nulla di notevole all'occhio nudo, perchè sono al tutto

troppo insignificanti; ma all'occhio armato danno tanto più occasione di ammirare le loro diverse figure. Onde guardatele col mio microscopio; alcune non sono uncinate? altre sferiche, come la migliarola? altre dentellate, come certe foglie, e non fanno pertanto fede, mentre hanno questo carattere comune con le scorie e con la roccia che si fonde al fuoco, ch'esse sono particelle d'acciaio o effettivamente strutte, o almeno arroventate? Chi dubitasse che col battere non si sia levato via nulla dall'acciaio, guardi alla cavità, che in esso si fa successivamente più grande.

Io frego ora su loro un piccolo fiammifero, la cui materia accensibile, com'è noto, è composta di fosforo, gomma e salnitro, prima sopra un piano liscio, p. e. sopra una tavola levigata, e poi sopra un mattone, le cui ineguaglianze si possono vedere e sentire subito. Solo nell'ultimo caso si accende, non nel primo, mancando della resistenza necessaria.

Io introduco finalmente in questo tubo di cristallo, che ha pareti assai spesse, lo stantuffo che lo riempie esattamente ed ho attaccato all' uncinetto nel mezzo della sua superficie anteriore un pezzettino di buona esca e lo ricaccio dentro con tanta forza, come se intendessi infrangere il fondo del mio apparecchio. L'esca comincia subito a scintillare. Ma di che altro potrebbe questo essere effetto che del notevole riscaldamento dell'aria rinchiusa, che si trova sotto lo stantuffo?

Se si osservano i fenomeni indicati, si vede che il primo mezzo di eccitamento del calorico, sta *nell' attrito*, o *in una repentina compressione dei corpi*. Ora il calorico libero in una qualsiasi materia, è così recato a più stretto spazio; onde non fa certo meraviglia che la temperatura si alzi, quando quel mezzo viene ad esso applicato. Noi gli diamo anche il nome di *restringimento del volume dei corpi*. Per altro all'eccitamento del calorico, mediante il fregamento, sembra esservi un'altra causa oltre la condensazione; perchè la quantità del calorico, come l'esperienza insegna, cresce con la durata dell'attrito, e tuttavia noi possiamo appena credere che con essa debba crescere continuamente la densità dei corpi.

Se le corde che scorrono velocemente sopra una puleggia, e talora anche le ruote di carri o di macchine, che si trovano in un movimento rapido e lungamente continuato, si scaldano fino ad infiammarsi; se noi non ci arrischiamo a toccar subito i succhielli, specialmente quelli, onde ci siamo serviti nel lavorio dei metalli, per cagione del loro notevole calore; se i selvaggi si procacciano fuoco confricando insieme due pezzi di legno ben secchi, inegualmente duri (essi fanno perciò un buco nel più grande e

meno duro, e v' incastrano il più piccolo e più duro) girandolo fra le mani con molta velocità e tenendovelo premuto contro; se ai tornitori riesce per mezzo di una verghetta di legno straordinariamente duro di munire un altro pezzo di legno di cerchi carbonizzati e neri; se le persone che nelle rigide giornate d'inverno, devono lavorare all'aria aperta, cercano di riscaldarsi gettando le braccia in croce, e percuotendo con la mano destra la spalla sinistra, con la sinistra mano la spalla destra; se noi ci bruciamo le mani quando le passiamo rapidamente sopra una fune; se pezzi di ghiaccio anche alla temperatura di due o più gradi sotto lo zero, confricati rapidamente insieme svolgono tanto calore, quanto bisogna alla loro risoluzione in acqua; di tutti questi fenomeni, ai quali voi potrete di leggieri aggiungere una quantità d'altri, ci dà la necessaria spiegazione il primo mezzo di produzione del calorico. Chi lo sa, non trasanderà al certo d'impiastrare più volte le ruote dei carri e delle macchine, le imperniature dei mulini e delle campane, ecc. con catrame, sego o altro; e inoltre di gettar nell'acqua subito dopo essersene servito gli scalpelli, i succhielli ecc., massime quando sono stati adoperati sopra metalli; di dare nuovo lavoro alle macine, quando non hanno più grano a tritare, ecc.

Il secondo mezzo di produrre il calorico (noi potremmo anche chiamarlo *sorgente del calorico*) è il *sole*. Ma poichè i raggi suoi, non si mostrano egualmente poderosi sotto tutte le circostanze, noi dobbiamo anche imparare che cosa scemi o cresca l'effetto di quell'astro maestoso.

Se io tengo la mia mano contro il sole per modo che i suoi raggi la percuotano obliquamente, io non sento quasi nessun calore; ma se io la situo in modo che i raggi cadano su lei ad angolo retto; il calore raggiunge un grado quasi insopportabile. Sopra qualunque altro corpo io instituisco la mia esperienza, il resultato non varia; anzi mi convince sempre di bel nuovo della giustezza del principio generale:

Quanto più verticalmente i raggi del sole percuotono un corpo, tanto più calore producono; quanto più obliquamente, tanto meno calore.

Se la neve su quei tetti e clivi di monti volti a mezzogiorno, si strugge prima che sul piano; se nella state la sabbia e le pietre, caso che abbiano la stessa favorevole posizione, sogliono scaldarsi tanto, che noi quasi a toccarli ci bruciamo le mani; se il sole tropicale opera tanto possentemente, quanto il sole polare opera debolmente; se a tutti i tempi dell'anno è più caldo al mezzogiorno

che verso la mattina o la sera, ecc. di tutti questi fenomeni noi ne troviamo la ragione nel primo principio esperimentale sulla forza calorifica dei raggi del sole.

Per quanto io tenga questo pezzettino di esca nel modo ordinario incontro al sole, non si scalderà mai notevolmente; ma se io metto tra i due oggetti un certo vetro (noi lo diciamo una lente ustoria) s' accende quasi subito. Alla domanda: « Come ciò avvenne? » la teorica della luce dà una risposta ben soddisfacente; ma intanto notiamo quanto segue:

Se noi teniamo contro al sole una lente del genere della mia in modo che i suoi raggi cadano sovr'essa più verticalmente che sia possibile, essi formano dopo il loro passaggio nel punto che li raccoglie tutti, non solo una luce abbagliante, ma anche un calore meraviglioso. Se io avessi lenti ustorie, come Tschirnhaudern, un conte che viveva nell'ultima metà del secolo decimosettimo (le sue lenti ustorie avevano 2 a 2 piedi e mezzo di diametro) io accenderei anche il legno verde, anzi bagnato nell'acqua; fonderei ogni metallo posto entro un carbone incavato, arroventerei mattoni, pomici e corpi simili a loro, per quanto ciò possa parere incredibile. Sono anche maggiori gli effetti degli specchi. Il calore, che si produce per mezzo di tali instrumenti, strugge anche il diamante, la più dura di tutte le pietre preziose. Poichè nelle lenti e negli specchi ustorii cresce il calore col numero dei raggi solari che cadono sovra loro, e dopo il loro passaggio si raccolgono di nuovo in un solo punto, così ne tragghiamo noi il principio generale:

Quanto più concentrati o riuniti i raggi del sole cadono sopra un corpo, tanto più calore eccitano.

Dopo di avere rivestito di lastre di vetro questi due vasi, l'uno de' quali ha le pareti interne bianche, l'altre nere, io li espongo un certo tempo al sole, ed esamino poi la temperatura degli spazi rimasti chiusi. Ed ecco, io trovo le pareti nere troppo calde e le bianche all' incontro tanto fredde, come se il potente astro del giorno non avesse esercitato alcun influsso sopra quest'ultima. Ora io lascio le due piastre di metallo, di cui l'*una* è scabra, l'altra levigata, egualmente all'azione dei raggi calorifici del sole, ed anch'esse mostrano, dopo circa un'ora, una temperatura immensamente diversa; la piastra levigata non ha ricevuto quasi nessun aumento di calore; la scabra all'incontro un aumento tale quale ebbe prima il vaso munito di pareti interne nere. Final-

mente io vado all'aria aperta e spando là sopra uno strato egualmente alto di neve una quantità di pezzi di panno che per una successiva graduazione, vanno dal colore bianco fino al nero. Noi notiamo in essi che la neve è stata tanto meno sotto ciascuno dei pezzi, quanto più il loro colore si avvicina al nero. Ora noi notiamo poi questo principalmente che l'altezza dello strato di neve sotto ciascuna sorta di panno decresce tanto più quanto più il suo colore si avvicina al nero. Solo il pezzo di panno assolutamente bianco la mantiene quasi alla stessa altezza che al principio. Così noi sappiamo donde in terzo luogo dipende l'azione dei raggi solari, ed esprimiamo l'acquistata notizia nelle seguenti parole:

Gli oggetti di color chiaro e levigati, inquanto respingono i raggi solari, sono sempre assai meno riscaldati che gli oggetti di color scuro e non levigati, che al contrario li ricettano volentieri.

Se una parete nera, esposta fortemente ai raggi del sole, diventa quasi intollerabilmente calda; se la neve vicino ai pali e ai tronchi d'albero bigi o neri si strugge più presto che in altri luoghi, pur molto vicini a questi: se le persone a cui le loro facoltà lo permettono, vestono volentieri di bianco l'estate, di nero il verno; se i cibi e le bevande si mantengono calde tanto maggior tempo, quanto più la superficie esteriore dei vasi che li contengono è levigata; se le stufe, che hanno una superficie scabra e nera, comunicano presto e perfettamente alle camere il loro calore; se un parafuoco posto loro innanzi, ci difende meglio dal loro calore, appunto quando esse sono rivestite di metallo: di questi e di molti altri fenomeni che sarebbe impossibile qui annoverare tutti, voi avete avuto la chiave nelle leggi esperimentali testè espresse sulla virtù calorifica dei raggi del sole.

Notate da ultimo anche i seguenti punti sul sole, questa principal sorgente di calore;

1. Gli antichi scienziati affermavano: *il sole è un fuoco che non cessa di allegrare noi e le altre creature del necessario calore.* Il loro modo di vedere non è giusto; ma noi ne sappiamo quanto loro se p. e. sia un corpo grande, ardente o no. L'eccitazione del calore per mezzo dei raggi del sole si comprende meglio nell'ipotesi che la luce del sole cresca la forza del calorico, che è riposto nei corpi, e alzi così la loro temperatura.

2. *La produzione del calore mediante i raggi del sole non dipende solo dalle circostanze fin qui esposte, ma evidentemente anche dalla*

durata della loro influenza. Ogni giorno, ogni stagione ce ne somministra la prova. O forse il maggior calore coincide con lo scocco delle dodici ore, o col mese in cui il sole ha raggiunto il suo più alto punto? Ordinariamente è più caldo verso le 4 ore che verso le 12, nella seconda metà di luglio e nella prima d'agosto che dal 15 giugno fino al 15 luglio. Ma di tanti altri fenomeni relativi a questa materia, noi non siamo ancora per isventura ben chiari.

3. *Il calore dell'aria proviene da ciò ch'ella assorbe una parte dei raggi del sole, che un'altra parte d'essi è riflessa dalla terra nell'aria, e che anche la terra stessa che noi dobbiamo considerare come una gran sorgente di calore, cede all'aria una certa quantità del calore che l'è propria.* Già rispetto a quest'ultima cagione, la temperatura dell'aria decresce in ragione dell'altezza di lei.

Le parole: se il sole fosse una palla ardente, dovrebbe essere tanto più calda quanto stesse più vicino ai corpi; non dicono gran fatto. Noi non conosciamo una legge sopra il decrescere del calore nell'aria e non potrebbe essere facilmente scoperta.

Ecco, io verso un poco d'acqua sopra un pezzo di calce viva e pertanto della stessa che il coltivatore spande sul suo campo, e lo vedo in breve tempo divenir tanto caldo, ch'io non oso più recarmelo in mano. Lo stesso avviene nelle medesime circostanze della barite, ch'è una pietra della classe degli spati pesanti. Io verso inoltre, ma con maggior precauzione, qualche goccia d'olio di vetriolo nell'acqua, e il calore si alza in tal grado che io debbo guardarmi dallo spezzarsi del cristallo. Gli acidi solforico e nitrico, misti l'uno all'altro, danno un resultato anche più maraviglioso. Il fieno o il guaime bagnato e ammontato stretto; il grano umido nei magazzini, o nei granai, specialmente quando questi locali mancano d'aria, e i monti non sono mossi di tempo in tempo; gli escrementi di colombi od altra specie che noi uniamo a paglia secca od erba; il caffè e i suoi molti succedanei, specialmente la cicoria abbrustolita, che siano ammucchiati caldi; la canapa, il lino, la lana, la tela bigia e cose simili, sulle quali noi a bello studio, o per accidente abbiamo versato olio, grasso; la segatura di legno o la limatura di ferro umida, ecc. crescono grado grado sempre più la loro temperatura, ed erompono in fiamme, prima che ce ne avvediamo. Il principio generale che noi riscontriamo in questi fenomeni suona così:

Il calorico si genera non solo nella maggior parte delle combinazioni chimiche, ma anche in molte aggregazioni meccaniche.

Chi vuol fuggire il pericolo di cagionare qualche incendio, impari a conoscere quanto può più perfettamente tutti i corpi che s' infiammano facilmente; si comporti cautamente con loro e rifletta costantemente quello ch'egli in particolare abbia a fare o a non fare rispetto a questa cosa ed a quella. Qui si riferisce altresì l' influenza sommamente pregiudicievole dell' abuso delle bevande spiritose sopra la salute, anzi sopra la vita dell'uomo. Onde ciascuno se ne guardi come da una terribile peste.

Il calore della terra cresce con la sua profondità, e veramente, come gli scienziati congetturano, secondo una legge determinata, ma ancora ignota ad essi. Onde opinano molti, che le parti centrali della terra si trovino in uno stato d'incandescenza o di fusione, e che il calore si estenda di là fino alla superficie, anzi fino fuori nell'aria.

Come prova adducono principalmente; 1. la temperatura più elevata della maggior parte delle sorgenti minerali, e di tutti i pozzi artesiani; 2. il fondersi del ghiaccio sotto un ghiacciaio, vale a dire dal punto ove tocca la terra fino ad un' altezza di 6000 piedi (il terreno ghiacciato in Siberia, perchè quivi la temperatura media va sotto zero, non prova il contrario) finalmente, 3. il fatto incontrovertibile, che effettivamente la temperatura della terra s'innalza tanto più, quanto più a fondo penetriamo in essa. Solo ad una profondità di circa 100 piedi il calore della terra è costante per ogni parte, vale a dire permanente o invariabile.

Da questa osservazione, ne viene ancora che l'influenza che l'acqua piovana, l'aria fredda, l'ineguale capacità conduttiva delle diverse roccie, ecc. esercitano sopra la temperatura della terra, ha poca importanza.

I terremoti e le eruzioni vulcaniche, questi fenomeni della natura, sopra ogni altro tremendi, dipendono assai meno dalla accensione spontanea delle diverse materie sotterranee che dal calore interno della terra in generale, e dalla quasi meravigliosa forza espansiva o elastica dei vapori d'acqua. Chi vuol farsi un concetto, sebbene insufficiente di tutto, mescoli una libra di limatura di ferro con altrettanto solfo in polvere, bagni fortemente d'acqua la mistura ottenuta, la impasti bene, la sotterri alla profondità circa d'un piede e vi calchi sopra la terra più sodo che sia possibile; e dopo pochi giorni s'avvedrà che la superficie della terra comincia a tremare,

che n'esce il fumo, che all'ultimo si mostrano le fiamme del vulcano artificiale. Quando sorgono nuove isole dal mare, tutte le regioni circostanti entrano in un movimento di oscillazione, ecc. E di che altro potrebbe questo esser effetto se non della smisurata forza dei vapori acquei?

Nel terremoto che al 26 marzo 1812 devastò tra l'altre la città di Caraccas nell'America meridionale, le scosse fecero tremare la terra ad una circonferenza di 500 miglia. 30 città, innumerevoli piantagioni e fiorenti campagne si convertirono in un mucchio di rovine, e più di 80.000 uomini vi trovarono la morte.

Ai mezzi, che producono un aumento del calorico, io aggiungo alcuni altri, che cagionandone un decremento, si dicono *mezzi di eccitazione o produzione del freddo.*

Io porto quest'instrumento (è un termometro) prima in un luogo ombrato, poi in uno soleggiato, e osservo esattamente quanto, ad ogni volta, il liquido s'alzi nel tubo. Ora io affondo la palla in una spugna satura d'acqua, e ripeto la detta operazione. Invece di veder salire l'argento vivo come prima, io noto che s'abbassa tanto più quanto più fortemente i raggi del sole agiscono sopra esso. La causa di quest'ultimo fenomeno, risiede nell'evaporazione dell'aria. Se io avessi immerso la spugna nell'etere e nello spirito di vino, che probabilmente sono i liquidi più solleciti ad evaporarsi, ne sarebbe resultato un anche maggior decremento di calore.

L'ampio vaso, che io metto sotto i recipienti della mia tromba pneumatica, è di vetro, pieno d'acido solforico, e munito all'altezza di alcuni pollici (guardate in pari tempo la fig. 123), di una tazzetta di metallo piatta, al tutto sottile, sospesa ordinariamente a tre fili, e più di rado appoggiantesi su tre piedi come qui. Io empio la tazzetta d'acqua. Quando io comincio a levare l'aria di sotto alla campana, l'acqua sul principio entra in ebullizione; ma dopo pochi minuti forma aghi di ghiaccio, e all'ultimo si converte interamente in una massa solida. L'acido solforico cioè assorbe il vapore acqueo, e produce pertanto una molto rapida evaporazione. In simil modo va col seguente fenomeno.

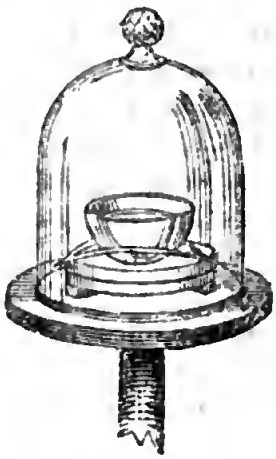


fig. 123

Poichè mi sono procacciato un apparecchio qui appresso figurato (fig. 124), io verso un po' d'acqua in ciascuna delle 2 palle di vetro, che sono unite insieme con un tubo,

e caccio l'aria dall'instrumento mentre metto quel liquido in istato d'ebullizione. Quindi sigillo ermeticamente l'apertura in *e* col mezzo di un cannello da saldare. All'ultimo verso tutt'acqua in una delle palle, mentrechè io inclino l'apparato e circondo l'altra di una mistura fredda, p. e. con polvere di ferro e sale ammoniaco. L'evapora-

fig. 124

zione segue qui tanto rapidamente, che noi non abbiamo bisogno di aspettare lungamente per veder l'acqua convertirsi in una massa solida. Quei raffreddamenti che noi notiamo ora alla superficie dei corpi umidi, ora anche sulla nostra mano, quando noi lasciamo cadere su lei alcune goccie di liquido volatile, dipendono dalla stessa cagione.

Nessun'altra combinazione chimica produce un sì alto grado di calore, come quella che noi chiamiamo *combustione*; di cui si parla particolarmente ne' sei punti seguenti:

1. *La combustione è una rapida combinazione di un qualsivoglia corpo, p. e. del carbone, della torba, della legna, ecc. con l'ossigeno, e sempre segue in essa un assai vivace sviluppo di luce e di calorico.* — Riguardando a ciò che nella maggior parte dei processi della specie descritta, l'ossigeno dell'aria si mescola col corpo combustibile, alcuni espongono così il fenomeno, come se solo l'un corpo ardesse, e l'altro alimentasse la fiamma. Io vi chiarirò con due esempi dell'erroneità di quest'idea: il solfo acceso nell'aria, pare certo a ciascuno un corpo combustibile; all' incontro il gas dello solfo (il cambiamento dello stato di aggregazione non può qui venire in considerazione), in cui io allo stesso fine ho posto il rame fortemente riscaldato apparisce un fluido elastico che vale solo ad alimentare il fuoco. Anche più calzante è l'esempio seguente. Figuratevi che io faccia entrare una quantità d'aria vitale per mezzo d'un sottile tubo nel gas idrogeno, non direste voi che quel fluido arda in questo gas? Così noi dobbiamo considerare come combustibile ogni corpo che si trovi in una combinazione chimica della detta specie.

2. *I risultati della combustione sono nella maggior parte dei casi sostanze gasseiformi.* — Se io espongo al fuoco un pezzo di legno, si forma l'acido carbonico, ch'è gasseiforme, e il vapore acqueo,

che come quello, sen vola via. In un cero acceso, la trasformazione della cera nello stato gasseiforme segue nel lucignolo; le piccole bollicine che in questo corpo salgono senza interruzione all'alto, contengono il gas infiammabile. Solo quelle cose che prima della loro combustione si trasformano in gas, p. e. il legno, la torba, l'olio, il sego, ecc. ardono con fiamma. Questa è sempre un gas infiammabile. Il fumo finalmente, che, com'è noto, non manca mai, viene da ciò che una quantità di corpuscoli, mentre gli altri fiammeggiano, non raggiungono l'alto grado di calore, di cui abbisognano alla loro combustione, e pertanto, come noi sogliamo comunemente esprimerci, sono volatilizzati.

3. *Per accendere un corpo, vale a dire per portarlo alla combustione, noi dobbiamo comunicargli una certa temperatura.* Questa è assai diversa nei diversi corpi. Per sventura noi non ne sappiamo altro con precisione, se non che in molti casi essa è determinata dalla divisione meccanica dei corpi combustibili.

Il gas idrogeno fosforato s'accende tosto che viene a contatto con l'aria; il fosforo circa a gradi 37 della scala centigrada; una candela di cera solo ai 300 gradi. Come l'esperienza insegna, un corpo, p. e. un carbone, posto sopra un ferro freddo, o un lume, il cui ambiente contiene tropp'azoto, può raffreddarsi così rapidamente, da cessare di ardere. È evidente che il calorico svolto nell'ultimo caso non basta ad elevare a 300 gradi la temperatura dell'azoto, e dell'ossigeno misto con lui.

4. *La combustione segue tanto più presto, quanto è più abbondevole l'ossigeno che circonda il corpo combustibile.* — Io ho già richiamato la vostra attenzione sopra questo fatto assai importante a proposito dell'aria vitale; onde io non sto di nuovo a spiegarvi, come dall'*un lato* ella è aiutata dal vento, e come dall'altro agisce l'aria riscaldata ne' mantici. Io vi prego solo di attendere ad una bella esperienza. Fate vibrare rapidamente una verga di ferro rovente, lunga più pollici intorno ad un filo metallico, e voi vi convincerete abbastanza che una quantità d'aria che rapidamente sopravvenga esercita 'un' assai ragguardevole influenza sopra la combustione.

5. *Chi vuole determinare quale quantità di calore si produce per la combustione, cerchi con cura di quanti gradi s'alzi, durante la medesima, la temperatura di una determinata quantità d'acqua.* — In tale operazione il *calorimetro di Rumford*, rende assai giovevoli servigi. A (fig. 125) è un vaso di rame, pieno d'acqua ad una data temperatura; *s s'* un tubo, di cui un capo esce al fondo del vaso in forma d'un imbuto *c*, e di cui l'altro *s'*, dopo aver prima

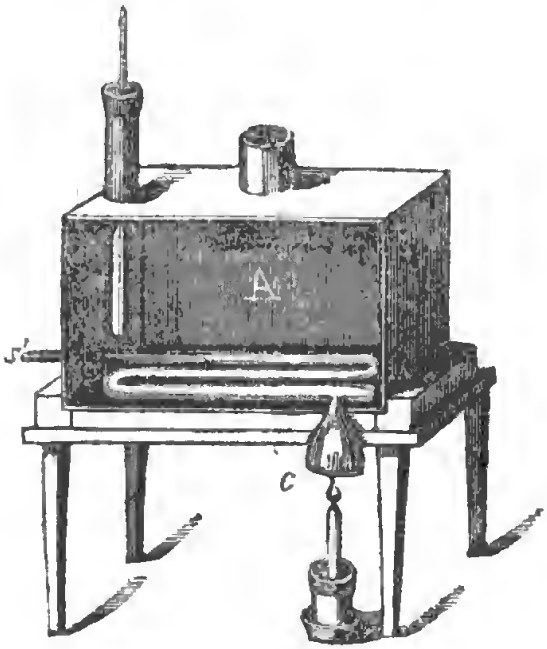


fig. 125

subito parecchie piegature orizzontali, esce all'aria aperta per la parete di quel pezzo principale; *tt* finalmente un termometro, il cui recipiente possiede una lunghezza quasi eguale alla profondità del calorimetro. Supposto ora che un qualsivoglia corpo arda sotto l'imbuto *c*, ecco che il termometro mostra chiaramente qual sia la temperatura dell'acqua nel vaso, o quale quantità di calore si svolga in *c* per la combustione del corpo. Secondo quegli sperimenti che parecchi hanno fatto col descritto apparato, noi possiamo con una libbra dei sottonotati combustibili, scaldare il numero di libbre d'acqua che ho posto di contro dal ghiaccio fino all'ebullizione.

Con la torba comune	libbre	15
» ottima	»	30
» secchissima	»	36
Con cattivo carbon fossile	»	60
» buonissimo	»	70
Col migliore carbone di legno	»	73
Col sego comune	»	80
Con olio di ravizzone purificato	»	93
Con buon olio d'olivo	»	112
Con gas idrogeno	»	230

6. *Come vi sono mezzi di animare il fuoco, così ve n'ha altri per ispegnerlo.* — A questi ultimi mezzi appartiene principalmente l'acqua. Chi la vuole impiegare a tal fine consideri bene, che una quantità proporzionalmente piccola della medesima non solo non fa niente, ma anzi aiuta la combustione delle sostanze carbonose, perchè i corpi in combustione decompongono l'acqua, prendono l'ossigeno, e lascian libero l'idrogeno.

Noi abbiamo poi conosciuto altri mezzi di spegnere il fuoco.

§. 3.

Della dilatazione dei corpi al crescere del calore, e della loro contrazione al suo decrescere.

Io ho qui: 1° Una vescica di porco intiera; 2. una piccola caraffa con sottili pareti e con un collo lungo e stretto; 3. un anello di ferro, pel quale questa palla, finchè è fredda, non può passare Premendo fortemente la vescica, io la libero di tutta l'aria che si trova in lei, la lego forte e pongo sopra una stufa temperatamente calda; empio poi la piccola caraffina fino forse alla metà del collo d'acqua fredda, la appoggio sopra un disco di latta che copre un treppiede, e scaldo mediante una lampada a alcool il noto liquido; finalmente io comunico all'anello per lo meno il calore, al quale il ferro s'arroventa all'aria. « E che avviene da tutto ciò? » La vescica perde successivamente le sue crespe, cresce di grossezza poco a poco, e se io a debito tempo non la rimovessi dalla stufa, scoppierebbe (in tal meraviglioso grado si dilata l'aria rimasta in lei); l'acqua nella caraffa sale ad alto, e finalmente trabocca (onde è innegabile la sua dilatazione all'aumento del calore); nell'anello io vedo che la palla può passare per esso, e che pertanto il suo volume deve essersi aggrandito. Se io ora lascio freddare i miei tre corpi, essi tornano pian piano nel loro primitivo stato, o forma; l'acqua arriva appena più fino alla metà del collo, e l'anello non lascia più passare la palla entro al suo vano. Onde il seguente principio si riscontra verissimo.

Per l'aumento del calore si dilatano i corpi; al suo decrescere si contraggono.

Un'eccezione apparente formano; 1. l'acqua, che quando si congela, si dilata, e 2. le frutta, il legno, le già secche, ma non ancora arroventate masse d'argilla, di creta, il cui volume si contrae al crescere del caldo. Se noi lasciamo una certa quantità in peso di tal terra, poichè è stata mescolata con l'acqua e ridotta

ad una pasta ordinaria, se noi la lasciamo tanto ad un calore moderato, finchè appaia perfettamente secca, così alla vista come al tatto, ha pur tuttavia, di che il suo presente peso c'informa, una quantità d'acqua in sè, di cui quel calore non potè interamente spogliarla. Appunto quest'acqua è quella, che quando riceve un maggior calore, esce da' suoi pori, e fa sì che ogni terra cretacea argillosa e la porcellana ecc. per l'aumento del calore si dilati apparentemente invece di contrarsi. Io parlerò di quel primo fenomeno, vale a dire della trasformazione dell'acqua in ghiaccio, nei paragrafi sul calorico latente e libero.

Se un cerchio di ferro, col tempo abbraccia strettamente la ruota a cui è confitto; se le anime affocate riempiono quasi il ferro da stirare, sebbene prima d'esser messe al fuoco, paressero assai più piccole; se il chiodo caldo battuto fortemente col martello nella chiodaia, quando la sua temperatura si è molto abbassata, n'esce facilmente; se quegli oggetti, che son fatti di creta, argilla e simili materie, si spaccano di spesso; se dai nostri arredi, specialmente quando il sole li batte fortemente, si staccano non di rado sottili schegge di legno sottile (l'ultimo fenomeno è il più un effetto del diverso aumento del volume che viene per l'ineguale umidità e diseccamento); se al fondere delle campane e dei cannoni, quando il fonditore non ha avuto il necessario riguardo alla forma, si fanno in pezzi; se le ruotaie delle strade ferrate e le piastre delle tettoie di zinco non possono combaciarsi strettamente l' une coll' altre; se i turaccioli di cristallo, che aderiscono troppo fermamente si lasciano levare quando altri scalda ad una fiamma il collo del fiasco; se certi corpi nuotano sopra l'acqua fredda, ed all'incontro vanno a fondo nella calda (l'acqua fredda è specificamente più leggiera che la calda), di questi ed altri innumerabili fenomeni ci ammaestra abbastanza il principio esposto sopra più pienamente sopra l'effetto del calorico.

La dilatazione dei corpi solidi al crescere del calorico è assai piccola; chi la voglia pertanto non solo dimostrare, ma anche misurare, deve necessariamente pensare o far in modo da rappresentarla ingrandita all'occhio.

Egregi servigi rende a ciò un meccanismo della specie, che voi vedete nella fig. 126. Le sue parti sono: 1. Una verga *b b'* fatta di quella materia, la cui dilatazione si desidera conoscere; 2. Un saldo ritegno *f f'* che costringe la verga, mentre ella s'appoggia ad esso, di allungarsi solo verso il lato opposto; 3. Una leva angolare *l c l'* che può girare intorno al suo punto d'appoggio *c*, e col suo braccio più corto *l c*, si congiunge con l'altro capo della verga

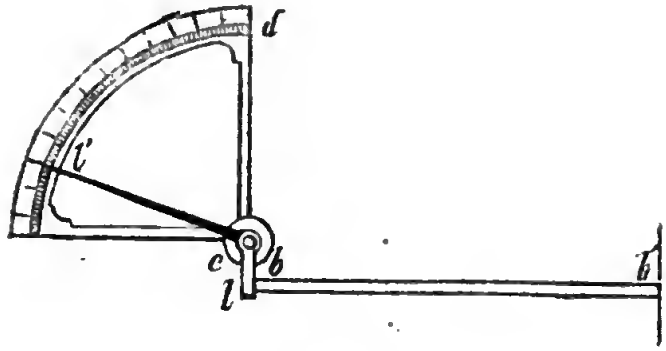


fig. 126

$b\,b'$, e pertanto del corpo da esaminarsi; finalmente 4. un quadrante $c\,l'\,d$, ch'è diviso in gradi, e si serve del braccio di leva più lungo $l'\,c$, come d'ago o lancetta. — Come agisca il descritto meccanismo è chiaro. Chi non vede che la verga $b\,b'$, in quanto si dilata maggiormente al crescere del calorico, deve spinger oltre l'estremità del braccio di leva più corto b; che pertanto l'estremità del più lungo l', dee far un cammino incomparabilmente più grande e che perciò, se i bracci $c\,l$ e $c\,l'$ sono assai diversi di lunghezza, devono render visibile la più piccola dilatazione della verga $b\,b'$? L'apparato di cui parliamo non è esente da difetti; perchè in esso nè l'asse di rotazione c, nè il ritegno $f\,f'$ si posson fare perfettamente fissi.

Quando io voglio determinare la dilatazione di un qualsiasi liquido, mi occorre un vaso, presso a poco della forma dell' annessa (fig. 127) fatto di vetro, stretto e segnato ad un punto del suo collo discretamente largo. Volendo fare esperimento con esso, io 1. cerco il suo peso per mezzo di una bilancia assai sensibile; 2. lo empio di quel liquido di cui voglio conoscere la dilatazione a certi gradi di calore e tanto che arrivi fino nel piccolo imbuto e per conseguenza sopra a; 3. io lo raffreddo circondandolo di neve o ghiaccio che si fonde fino a 0 gradi; 4. levo via diligentemente ogni gocciola che passa il segno a; 5. peso, ma senza che la temperatura debba esser cambiata, l'apparato unitamente al liquido contenuto in esso; 6. lo scaldo fino ad un certo grado, per esempio al 100^0, secondo la scala di Celsio; 7. tolgo per la seconda volta la parte del liquido, che nell'operazione precedente ha passato a;

fig. 127

8. cerco finalmente qual peso in tali circostanze possiede la palla con tutto quello ch'è in lei. Se io ora voglio calcolare qual dilatazione ha sofferto il fluido dal punto del gelo a quello dell'ebollizione io ho il rapporto in cui la gravità di quella parte di liquido, che io ho rimosso nella mia settima operazione, sta al peso di tutta la massa. Posto che il liquido che empie il vaso fino al segno abbia pesato p. e. a 0 gradi 30 loth, a 100 gradi solo 29, è chiaro che ad un alzamento di temperatura di 100 gradi, se io non tengo conto dell'influenza del calorico sul vaso, s'è dilatato nel rapporto di 29 a 30, o che il suo aumento di volume da 0 fino a 100 gradi ascende ad 1|29.

Anche la dilatazione dei fluidi elastici, si può dimostrare con sufficiente esattezza. — Il miglior mezzo di cui altri si serve, si fonda su quel noto principio esperimentale: *La pressione dei fluidi elastici che noi in qualsivoglia modo impediamo nella loro dilatazione, mentre noi comunichiamo loro una più alta temperatura cresce nello stesso rapporto, in cui altrimenti il loro volume si sarebbe aumentato.* — Figuratevi che l'aria nella palla *a* (fig. 135), sia perfettamente asciutta e messa fuori d'ogni comunicazione con l'atmosfera, mediante il mercurio che si trova nel tubo ricurvo. Come già feci del liquido, così porto anche l'aria alla temperatura 0 gradi. Poi verso in *b* tanto mercurio nel tubo, ch'esso nel braccio corto arrivi fino a *c*, tiro la linea orizzontale *c o*, e così ottengo lo zero d'una scala ch'è adattata ad un'assicella sotto il braccio più lungo, che serve di sostegno al tubo. Poi osservo, mentre la palla porta ancora sempre la sua veste di neve o ghiaccio in fusione, l'altezza barometrica, e il numero di quelle linee, che il mercurio segna nel braccio più lungo sopra lo zero della scala. All'ultimo io scaldo la palla grado grado, e verso per *b*, perchè l'aria che si dilata preme il mercurio in *c*, tanto di questo fluido, finchè abbia raggiunto il suo primitivo livello. Di qua risulta evidentemente la pressione dell'aria.

fig. 128

Quello poi che occorre sapere intorno alla dilatazione dei corpi per l'aumento del calorico, lo conchiudo ne' seguenti sei punti:

1. *I fluidi elastici si dilatano regolarmente a tutte le temperature, perchè in essi la coesione non contrappone nessun impedimento alla*

forza del calorico; i corpi solidi al massimo tra i punti del gelo e dell'ebollizione, i liquidi finalmente, eccettuato forse il mercurio, neppure entro a quei limiti.

2. *La forza, con cui i corpi si dilatano, è sommamente importante e si agguaglia alla resistenza, che manifestano, quando noi li vogliamo comprimere. Come avviene di lei, così della controforza che si addimostra nel raffreddarsi dei corpi.* — Quelle persone adunque che stabiliscono condotti, devono avere pertanto un più gran numero di verghe di ferro adattate insieme, ecc. devono sempre esaminare di nuovo se resti o no un piccolo spazio per la dilatazione. Nei condotti si adoperano ordinariamente striscie di piombo. che si avvolgono intorno a quell'estremità del tubo che dev'essere adattato nella più larga apertura del tubo seguente. Non meno circospetti sono essi nelle tettoie di zinco, balaustre di ferro, allo scaldare di vasi di vetro o anche d'altro, ecc.

3. *La dilatazione che un corpo ha subìto per l'aumento del calorico, può essere misurata per uno o anche per tre versi; nel primo caso noi otteniamo la dilatazione* LINEARE; *nel secondo la* CUBICA. — Noi misuriamo quest'ultima, come già gli sperimenti sopraccennati ci insegnano, nei fluidi elastici e liquidi *immediatamente*, e nei solidi all'incontro *mediatamente*; vale a dire, noi argomentiamo dalla dilatazione lineare la cubica.

4. *Come noi distinguiamo una dilatazione lineare e una cubica, così anche, ma però solo nei fluidi, una dilatazione* ASSOLUTA *ed una* APPARENTE. — Finchè il vaso non rimane libero dall'influenza del calorico, noi non possiamo parlare rispetto ad ogni fluido che l'ha accolto che della dilatazione apparente. Il determinare l'assoluta dilatazione di un fluido, è un'operazione difficile, appena eseguibile.

5. *Alcuni uomini non hanno schifato la fatica di ricercare esattamente quale sia in certi corpi la forza dilatante del calorico.*— Essi scaldarono a tal fine gli oggetti dalla temperatura del ghiaccio che si fonde fino al calore dell'acqua bollente. Presupposto ora, che il mercurio si alzi nel tubo barometrico 27 pollici e 6 linee (è da tenere ben conto della pressione dell'aria in tutti questi esperimenti), e ch'essi assumevano la lunghezza di tutti quei corpi a 100,000 parti eguali di una massa; trovavano invero solo in approssimazione, che il vetro si dilatava solo di 83 di tali parti, l'oro di 94, l'acciaio di 122, il ferro di 125, il rame di 170, l'argento di 189, l'ottone di 193, lo stagno di 248, il piombo di 286, l'argento vivo di 1850, l'acqua di 4517, l'olio di lino di 7200, lo spirito di vino di 8700, l'aria di 40,300. — Perchè ora gli scienziati in tutti i fluidi, di cui voglion conoscere la dilata-

zione, adoperino sempre vasi di vetro, e mai di piombo, di stagno, d'ottone ecc., emerge abbastanza dagli addotti risultati.

6. *È un fenomeno noto, che non di rado i corpi, che ad alti gradi di calore stanno ben uniti insieme, ad un tratto, esposti che siano ad un forte raffreddamento, si separano e staccano l'uno dall'altro.* — Io allego, a modo d'esempio, la cera lacca e una piastra di metallo. Mentre si tornano a freddare, l'un corpo si contrae più rapidamente e più considerabilmente, l'altro meno; ma come in tali circostanze sarebbe possibile che restassero ancora attaccate insieme le parti state prima congiunte? — Un altro fenomeno assai simile a questo, che cioè un vetro si spezza, quando s'empie ad un tratto d'acqua ben calda, dipende da ciò che tutte le parti del vaso di vetro, che stanno all'interna superficie riscaldata, si dilatano più rapidamente delle altre, le quali non hanno tempo di prendere una parte eguale alla dilatazione. Anche la rigidità del vetro vi conferisce non poco. Non essendovi quella rigidità, o solo in piccolo grado, nei vasi di diverse altre materie, le loro pareti interne soffrono senza rompersi una piccola piegatura. Un vaso di vetro freddo, posto sopra una calda stufa, dà lo stesso risultato. Come poi un foglio di carta, posto tra il bicchiere e la stufa, possa impedire che esso bicchiere si spezzi, il 5° paragrafo sufficientemente il dichiara.

§. 4.

Del termometro o misuratore del calore.

Che in alcuni casi della vita sia necessario, in molti altri per lo meno desiderabile, conoscere esattamente i gradi del calore, gli uomini l'hanno sempre profondamente sentito, ma specialmente nei due ultimi secoli. E noi avviseremmo un vuoto importante nella conoscenza della temperatura dei corpi, se non possedessimo il termometro, che ci mostra il crescere e decrescere del calore più perfettamente che il medesimo suo primo inventore non osava sperare.

Volendo come far nascere sotto ai vostri occhi un tale instrumento io cerco primieramente se uno de'miei tubi di vetro posseggà in tutte le sue parti un identico diametro. A questo fine io fo che una piccola gocciola di mercurio percorra successivamente l'intiera canna, e dopo ogni avanzamento misuro a quanto ascenda

Digitized by Google

la sua estensione per lo lungo. Questo processo è egregiamente rappresentato nella fig. 129. La vescica all'una delle estremità della canna è fatta di gomma elastica, e spinge il mercurio, senza che io eserciti sopr'essa altro che una debole pressione, da un punto

fig. 129

all'altro. Se la piccola goccia ritiene la sua lunghezza primitiva dappertutto senza alterazione, il tubo è acconcio per termometro; se non va così la bisogna io non ho altro a fare che dichiarare il tubo inservibile, o dividerlo per modo che i gradi segnati fuori, corrispondano con la massima esattezza a spazii egualmente grandi nell'interno.

Per attaccare la palla al tubo, io liquefaccio prima una delle sue estremità per mezzo della lampada da saldare; impasto poi il vetro fuso e lo arrotondo in forma di bottone, servendomi per l'impasto di un filo di rame o di ferro, che a volere si mantenga sempre caldo dev'essere tuffato nella fiamma; soffio da ultimo nella estremità aperta della canna, caso che io v'abbia adattata una boccia di gomma elastica, e così formo l'altra estremità in una palla.

La mia terza operazione consiste nell'empiere la palla e una parte della canna. — Di tutti i liquidi il più acconcio a ciò è il mercurio: perchè, 1. è estremamente suscettivo al crescere e al decrescere del calore; 2. bolle e s'agghiaccia tardissimo; 3. si dilata assai regolarmente, almeno dal punto del ghiaccio a quello dell'ebollizione; finalmente, 4. di tutti gli altri liquidi è quello che si trova più spesso puro in natura. — Prima d'introdurlo nella canna di vetro io la riscaldo; poi immergo la sua punta, dopo che l'aria che vi si trova ha subito la maggior possibile rarefazione, in un vaso pieno di mercurio. Durante il graduale raffreddamento quel liquido sale nella canna fino alla palla. — Se per questo processo non fosse entrato nella canna abbastanza argento vivo, io non ho altro a fare di meglio che ripeterlo, scaldando la palla, la canna e il mercurio.

Nel chiudere ermeticamente il tubo io vuoto d'aria lo spazio sopra la colonna di mercurio, tiro la canna in una sottil punta, scaldo lei e la palla a dolce fuoco di carbone, e chiudo il piccolo

foro nell'istante, che alcune goccioline vogliono uscir fuori superiormente. Dopo il raffreddarsi della palla io arrotondo ancora un poco la sottil punta alla fiamma.

Un instrumento, come quello testè costrutto, sarebbe del resto di poca utilità se non si trovasse in esso nessuna misura che indicasse certi punti fissi, fino ai quali il mercurio sotto certe circostanze sale o scende. — Ora la mia ultima operazione è di adattarvi non solo questi punti, ma tutta la scala.

Per trovare subito l'*un* punto fisso io colloco non solo la palla, ma anche quella parte della canna di vetro, ch'è piena di mercurio, in un pezzo di ghiaccio che si fonde, e osservo diligentissimamente il punto, fino al quale s'abbassa il detto liquido, o al quale si mantiene invariato finchè tutto il ghiaccio non si sia convertito in acqua. — Io segno questo punto dapprima con inchiostro, dipoi con un diamante, e lo nomino il *punto del ghiaccio* del termometro. — La qui aggiunta figura 130 dimostra in parte l'esplicato processo. Dipoi io immergo la canna in un vaso metallico a lungo collo (fig. 131), e elevo l'acqua distillata che si trova in lei fino all'ebollizione. Durante questo tempo il mercu-

fig. 130

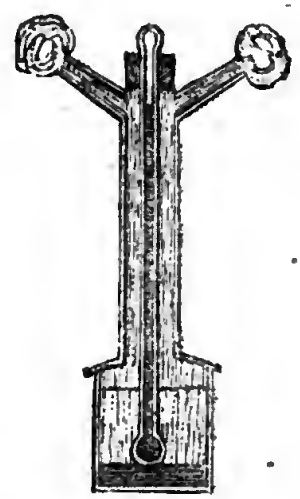


fig. 131

rio sale con bastante rapidità, e quivi giunto per la seconda volta, rimane invariato nello stesso punto finchè l'ultima goccia d'acqua si sia sciolta in vapore (le due aperture laterali sono destinate all'uscita del vapore). Appunto questo forma il secondo punto fisso universalmente adottato, *il punto d'ebollizione* del nostro instrumento. Lo spazio tra il punto del ghiaccio e quello dell'ebollizione

si chiama in ogni termometro *distanza fondamentale*, ed è diviso ora in più ora in meno parti eguali. Secondo l'uso comune quello di Réaumur si divide in 80 gradi. Secondo un altro uso, quello di *Celsio* o *francese moderno*, ossia il centigrado in 100. Secondo un altro, quello di De Isle, in 150 gradi. Réaumur e Celsio numerano i gradi dal punto del ghiaccio, De Isle all'incontro dal punto d'ebollizione. *Fahrenheit*, famoso costruttore di termometri della prima metà del passato secolo, nel porre il suo instrumento in una mescolanza di neve e sale ammoniaco fissò un terzo punto, e lo nominò, per distinguerlo dal punto di congelazione naturale di tal nome, *il punto di congelazione artificiale;* egli divise poi lo spazio comune in 180 gradi, e lo spazio tra i due punti di congelazione in 32 gradi; cotalchè il suo punto di congelazione artificiale è segnato con *o*, e il punto d' ebollizione con 212. La sua scala è usata ancora sempre in Inghilterra, e nella restante Europa, il più spesso dopo l'ottantigrada. — Nelle ricerche scientifiche i dotti si servono al presente del termometro centigrado. — I gradi di calore sono sempre segnati con +, i gradi di freddo con —. Ond'è venuto spesso l'errore che un corpo la cui temperatura va sotto *o* gradi, non contenga più calorico; mentre noi dalla diversità dei gradi del freddo vediamo abbastanza che può ancora sempre perdere calorico.

Chi indica i gradi del termometro non deve mai, come emerge dalle cose dette, tralasciare d' indicare la scala, di cui intende far uso. Io noto qui solo pel caso che ricorre più spesso, che 1 grado Réaumur corrisponde a 2 gradi 1|4 Fahrenheit, e che io per ridurre gli ultimi ai primi, debbo o sottrarre dal numero o aggiungergli 32 (io sottraggo nei gradi del calore e aggiungo nei gradi del freddo), moltiplicare il resto e la somma per 4 e dividere l'ottenuto prodotto per 9.

A più facile confronto delle diverse scale servono così le figure 132, 133 e 134, come anche la Tabella seguente:

Gradi secondo Fahrenheit.		Gradi secondo Celsio.		Gradi secondo Réaumur.	
— 4	122	— 20	50	— 16	40
+ 14	140	— 10	60	— 8	48
32	158	0	70	0	56
50	176	+ 10	80	+ 8	64
68	194	20	90	16	72
86	212	30	100	24	80
104		40		32	

Scala secondo Fahrenheit. Scala secondo Celsio. Scala secondo Réaumur.

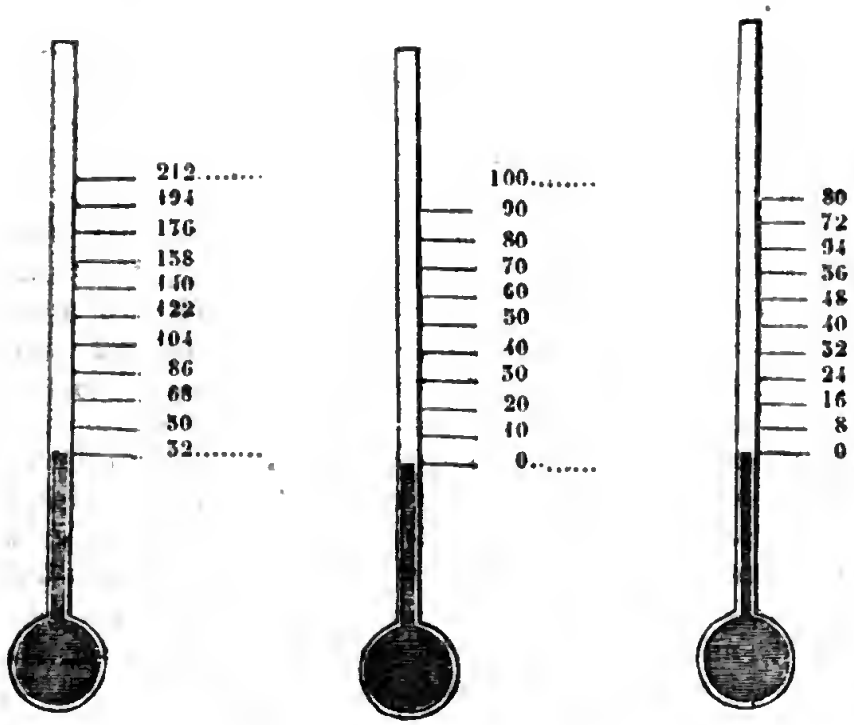


fig. 132 fig. 133 fig. 134

La ricerca se il punto del ghiaccio e il punto dell'ebollizione siano effettivamente tanto invariabili quanto si fanno, è un assunto non solo importante, ma anche necessario. Per sventura non ci allieta di nessun buon risultato. Già al punto del ghiaccio noi non troviamo nessuna eguaglianza di temperatura perfettamente concorde nei diversi strati della neve o del ghiaccio sciolto nell'acqua. La differenza è tuttavia estremamente piccola, anzi, se ci siamo serviti d'acqua distillata, si riduce a zero. Assai peggio va col punto dell'ebollizione che con quello del ghiaccio. Già Fahrenheit osservò, che l'acqua ad una più leggiera pressione dell'aria bolle più facilmente che ad una più forte, e che pertanto il punto d'ebollizione non potrebbe sempre coincidere nei diversi termometri. Non stettero molto a convincersene anche altri. Così, p. e., un francese che era asceso sul Monte Bianco vide che l'acqua in un'altezza, ove il mercurio era disceso nel tubo barometrico fino a 16 pollici, cominciò già a bollire a 68 gradi Réaumur, ed esperimenti fatti con la macchina pneumatica, ci hanno già insegnato che nello spazio

sommamente rarefatto si ricerca anche molto minor calore per recare l'acqua allo stato indicato. Immediatamente dopo la pressione dell'aria la più sollecita o più tarda ebollizione dipende dalla natura dell'acqua; l'acqua marina, p. e., che come è noto possiede una forte quantità di sale, non bolle punto così presto come l'acqua di fiume o di fonte. Finalmente anche i vasi esercitano un notevole influsso sopra il calore di ebollizione.

Chi espone l'acqua in un vaso di terra e in un vaso di ferro ad un calore possibilmente eguale, si convincerà che l'acqua ch'è nel vaso di ferro passa più presto allo stato d'ebollizione. Onde ogni costruttore di termometri non può preterire le tre seguenti regole: 1) *Osservi l'altezza barometrica;* 2) *si serva solo d'acqua distillata, o almeno d'acqua tale, quale c'è offerta dalla natura nella pioggia o nella neve;* finalmente, 3) *metta la canna termometrica non nell'acqua bollente, ma nel vapore che sale da lei.*

Io ho veramente sopra indicato il mercurio per quel liquido che meglio d'ogni altro è acconcio ad empiere la canna del termometro; ma tuttavia noi non possiamo far di meno del termometro a spirito di vino massime quando abbiamo a determinare un freddo intenso. Lo spirito di vino non si solidifica a nessun freddo a noi noto. All'inconveniente che esso si dilata inegualmente, gli artefici ovviano col regolare i loro termometri a spirito di vino secondo buoni termometri a mercurio.

Quando noi per mezzo d'un termometro vogliamo riconoscere il grado di calore di qualsivoglia corpo, abbiamo a porre ben mente che l'ultimo circondi la palla e una parte della canna più attiguo che sia possibile, e a una sufficiente altezza, e che nessun'altro corpo eserciti un'azione perturbatrice sul nostro instrumento. Il solo toccarlo con la mano cagiona inesattezze. Del resto noi non potremmo dire che il corpo ha questa o quella temperatura finchè il livello del mercurio non sia rimasto invariabile a un certo punto. Chi poi intende determinare la temperatura di una qualunque profondità della terra, empia fino all'orifizio di mercurio un tubo aperto e lo cali giù in quella, p. es. in un pozzo artesiano. È evidente che là sotto il maggior calore caccia una parte del mercurio fuori del tubo. Quando egli ha tirato su di nuovo il suo apparecchio, lo ponga nell'acqua, scaldi questa grado grado, e osservi, nell'istante che il mercurio riempie totalmente la canna, qual grado di calore indichi un termometro che sia parimente in quest'acqua. — La ricerca della temperatura delle profondità del mare non appartiene alla presente materia. Il termometro serve a molti usi: il medico giudica per mezzo di esso il

calore del corpo umano, dell'aria nella camera d'un infermo, dell' acqua pel bagno; il giardiniere fiorista il clima della sua stufa; l'educatore dei bachi da seta il calore della stanza de' suoi utili insetti; l'egizio il calore dei forni che covano l'uova; il naturalista lo porta seco sulla cima dei monti, negli areostati, anzi nella campana del palombaro che lo fa scendere illeso nella profondità dell' Oceano. Anche nella teoria meteorologica ha una parte importante.

L' idea di render sensibili le variazioni della temperatura per mezzo d'un istrumento come il termometro, fa fede senza dubbio di una mente ingegnosa. *Cornelio Drebbel*, coltivatore olandese, che dimorò spesso in Inghilterra, e viveva nell'ultima metà del secolo decimosesto e nella prima del decimosettimo, passa comunemente pel primo. Altri attribuiscono a Galileo, altri al medico Santorio l'onore del trovato. -- Il termometro di Drebbel, come avviene di ogni instrumento, di nuovo trovato, riboccava d' imperfezioni di ogni specie. Figuratevi all'un capo di un tubo di vetro attaccata una palla, e l'altro sempre aperto, immerso in un vaso pieno di liquido colorato. Se il calore cresceva, l'aria si dilatava nella palla, e premeva il liquore al fondo; se il calore diminuiva, ella si condensava, e faceva salire di nuovo ad alto il liquore. — Il difetto principale del termometro di Drebbel consisteva in ciò, che la pressione dell'aria esterna poteva agire sul liquido colorato e cagionarvi, senza che sopravvenisse un nuovo grado di calore, un alzamento od un abbassamento: senzachè gli mancava la scala.— Col progredir del tempo sparì ora questo ora quel difetto. Il *termometro fiorentino*, trovato alla metà del secolo decimosettimo ed attribuito agli accademici fiorentini del Cimento, è già di gran lunga più perfetto; perchè in esso lo spazio al disopra dello spirito di vino colorato è vuoto d' aria al possibile, e l' estremità già aperta del tubo è chiusa ermeticamente. È chiaro che lo spirito di vino sale al crescere e s'abbassa al decrescere del calore. Il termometro fiorentino possedeva ancora il vantaggio ch'era segnato il punto al quale il liquido colorato si fermava in una profonda volta, e che da esso in poi era diviso in parti eguali lo spazio che si trovava immediatamente al disopra e al dissotto. Ma quel punto non meritava il nome di *fisso*, come nessuno di questi gradi quello di *determinato*. Per ventura *Halley* osservò nel 1692 che il liquido d'un termometro, che stava in un vaso aperto, pieno d' acqua bollente, non saliva mai più in su che un certo grado, ch' egli chiamò il *punto dell' acqua bollente*. Finalmente il gran *Newton* fece una scoperta non meno importante. Finchè il ghiaccio

cioè, ch'egli avea posto intorno alla palla del suo instrumento si veniva struggendo in forza dell' acqua calda ch' egli vi andava sempre versando, non si mutava nella canna termometrica l'altezza dell' olio di lino. Questo punto egli chiamò *punto del ghiaccio* o di *congelazione*. Così fu aperta la via alla costruzione di una scala regolare. — Quello che Fahrenheit, Réaumur ed altri hanno fatto pel perfezionamento del termometro, è già stato detto di sopra.

§. 5.

Del pirometro o misuratore del fuoco.

Il termometro è un instrumento assai utile, ma serve tuttavia senza più a determinare i gradi di un calore moderato. Nelle vetrerie e nelle fucine, nelle fabbriche di porcellana e di maiolica, nelle fonderie di campane, e simili opificii, rende soltanto piccoli servigi, anzi quasi nessuno. Il desiderio di misurare anche quei gradi che superano il calore d' ebollizione del mercurio, ha pertanto indotto alcuni a costruire instrumenti che potessero corrispondervi. Questi instrumenti hanno il nome di *pirometro* o *misuratore del fuoco*. Per sventura non sono neppure al dì d'oggi esenti da molti difetti.

Wedgwood, inglese, fabbricante di maiolica, scelse per materia di sperimento l'argilla di Cornovaglia, brevemente una qualità di terra, che esposta ad un più alto calore si contrae, ed esposta ad un raffreddamento improvviso, non torna a dilatarsi. Egli ne fece parecchi cubi o cilindri; di poi li seccava sopra una lastra di ferro che passava appunto all'arroventamento; e di poi gli esponeva ad un fuoco ancora più grande. Per riconoscere il grado, in cui essi erano divenuti ancora più piccoli, egli saldava sopra una piastra di metallo *ab* (fig. 135) ch' era larga solamente alcuni pollici, ma lunga 1 piede e 1|2 a 2, due verghe quadrangolari *ce* e *df*, e veramente in modo che le loro faccie laterali volte l' une verso le altre erano in *cd* lontane l'une dall'altre pollici 0,5, e in *ef* all'incontro solo pollici 0,3. Dipoi egli arrotava quei corpi d'argilla asciutti, li adattava esattamente tra le verghe in *g*, segnava il luogo, dov' era la loro faccia interna con *o*, e di quivi divideva le lunghezze delle verghe in 240 parti eguali. S'egli poi elevava

uno di quei corpi d'argilla ad un grado maggiore di calore, p. e. sopra un pezzo di ferro arroventato fino a poterlo saldare, e lo lasciava in quello fin a tanto che aveva preso la temperatura del suo sostegno, o del liquido che lo circondava, egli non aveva, dopo il raffreddamento, che a cacciarlo tra le scale per conoscere il grado del pirometro, vale a dire il punto a cui si fermava la faccia interiore.

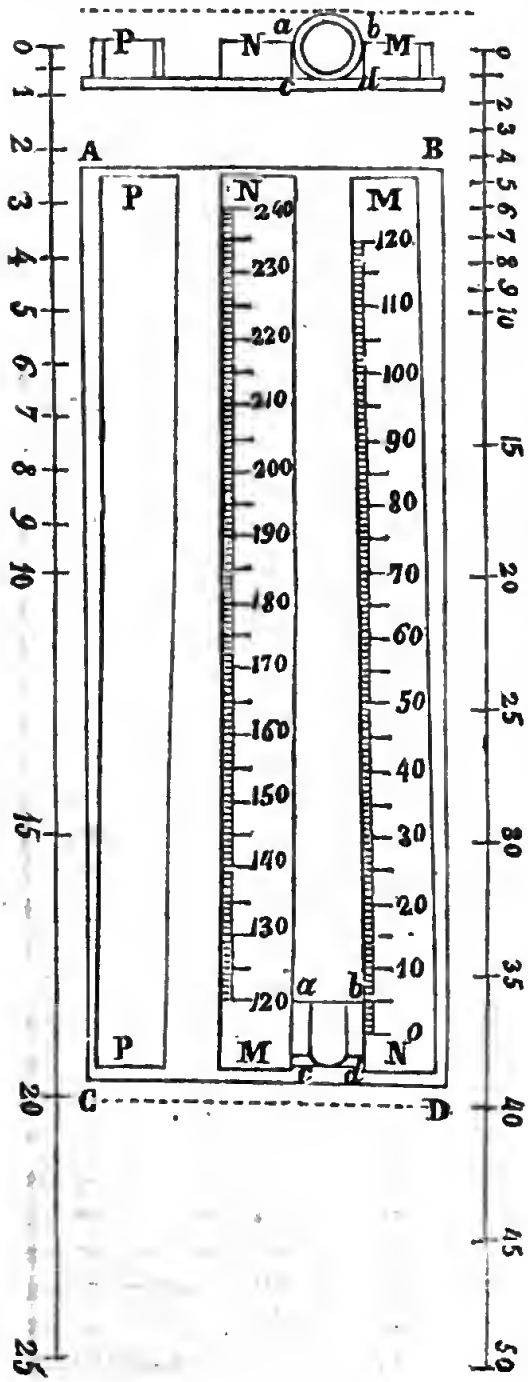


fig. 135

Per sapere quanti gradi termometrici faccia un grado del pirometro, si richiede molta fatica e grande pazienza. Presupposto che l' aumento del mercurio succeda a proporzione dell'aumento del calore, egli poteva assolutamente calcolare a qual grado di qualunque scala termometrica corrispondesse il calore d'arroventamento. Egli trovò che questo grado era il 1077,5 della scala di Fahrenheit. Egli comunicò poi alla sua piccola verga un calore ancora maggiore, che, verbigrazia, era eguale a due gradi del suo pirometro. S'egli cercava poi il nuovo allungamento del medesimo, e lo comparava a ciascuno di quelli già ottenuti, egli poteva con sufficiente certezza pronunziare che *un* grado del pirometro contiene 130 gradi secondo la scala di Fahrenheit. Ch' egli però fosse convinto dell'imperfezione del suo instrumento, ce lo dice la circostanza ch' egli per innanzi non ne fece più costruire, sebbene

gli avesse reso ottimi servigi nella sua fabbrica di maiolica. Anche i pirometri d'altri, p. e. del gran Newton, che non poteva toccare nessun soggetto di ricerche esperimentali senza trattarlo con quella profondità ch' era sua propria, hanno ora questo ora quell' altro difetto.

Da ultimo io vi noterò alcuni gradi di calore riscontrati nelle diverse sostanze.

SI FONDE.	Gradi secondo Celsio.	Gradi secondo Wedgewood.
Mercurio	— 39	—
Latte	— 11	—
Vino	— 5	—
Sego	+ 40	—
Cera bianca	68	—
Solfo	111	—
Stagno	228	—
Piombo	334	—
Argento	1000	circa 6
Rame	1100	» 7
Oro	1200	» 9
Acciaio	1300	» 10
Ferro in verghe	1500	» 13
ENTRA IN EBOLLIZIONE.		
Acido solforoso	— 10	—
Etere idroclorico	+ 12	—
Acido idroclorato concentrato	20	—
Acido nitroso	28	—
Etere solforico	36	—
Olio di vitriolo	326	—
Alcool	78	—
Acido nitrico	86	—
Acqua marina	104	—
Olio di lino	315	—
Acido solforico concentrato	327	—
Mercurio	360	—
Acqua distillata	100	—

§. 6.

Della propagazione del calorico.

Ogni piccola verga di metallo, di cui altri immerga l'un capo in una fiamma, p. e. in quella di una lucerna ad alcool, si scalda in breve tanto dall'altro che noi appena osiamo toccarlo; all'incontro il legno e la carta esposti al fuoco in circostanze perfettamente eguali, non ci mettono mai tale paura. Simili fenomeni ci si presentano nell'abbassamento della temperatura delle dette cose. Appena noi abbiamo in una rigida giornata d'inverno preso con le nostre dita una piccola verga metallica, noi ne la lasciamo di nuovo cadere per la sua ragguardevole freddezza. Noi non facciamo così rispetto al legno e alla carta sebbene i due corpi siano stati esposti non meno lungamente ad un'aria propriamente ghiacciata. — Sappiate:

1. *Quelle particole di corpo che stanno nel fuoco, comunicano il ricevuto calore alle immediatamente attigue; queste alle seguenti e così di mano in mano fino all'estremità più lontana, e veramente con estrema rapidità in una piccola verga di metallo, con straordinaria lentezza all'incontro nel legno e nella carta.*

2. *Se noi lasciamo cadere la piccola verga di metallo, ma non già il legno e la carta quando sono diacciati, dipende da ciò che il primo rapisce alla nostra mano una quantità di calore con estrema rapidità, mentre ciascuno dei due ultimi corpi lo fa solo grado grado.*

3. *Quali si siano gli altri corpi che noi possiamo esaminare, noi troviamo mai sempre, che in essi il calorico ora è trasmesso rapidamente, come nelle verghe di metallo, ora lentamente come nel legno e nella carta. I corpi della prima specie si chiamano* BUONI, *i corpi dell'ultima* CATTIVI *conduttori del caldo e del freddo. Non si può stabilire tra essi alcun limite preciso.*

Oltre i metalli, non vi sono molti altri buoni conduttori? Per conoscere quale dei detti corpi propaghi meglio il calorico, altri si procacci lunghi fili d'oro, argento, rame, brevemente di diverso metallo, li copra egualissimamente di cera, li tenga esattamente in direzione orizzontale, perchè non forse i vapori che si elevano facciano alterazione, e ponga l'un capo d'essi in qualsivoglia liquido caldo. È manifesto che la cera si strugge dappertutto ove i fili sono divenuti abbastanza caldi.

Il descritto esperimento ci ha da gran tempo fatto conoscere che la cera che veste la piccola verga d'argento viene a fondersi alla massima distanza dalla sorgente del calore, e che quella che veste il piombo alla minima, o che tra i metalli l'argento è il migliore, il piombo il peggior conduttore. Al tutto particolare si mostra nel legno la conduttibilità del calorico.

Si tagli un piccolo bastone secondo la lunghezza delle fibre, e un altro dello stesso albero per modo che il taglio vada pel traverso; si riscaldino ambidue equabilmente ad una delle estremità, ed altri arriverà presto a convincersi che la prima piccola verga propaga il calore incomparabilmente meglio che l' ultima. Per quanto questa circostanza sembri essere frivola, pure è importante per tutti gli alberi all'aria aperta. Il loro calore s'abbassa, come è noto, durante i giorni rigidi della vernata sotto al punto di congelazione, e i succhi, che salgono senza interruzione in essi dal basso all'alto, s'agghiacciano. Un tale abbassamento di temperatura rimane tuttavia quasi sempre senza dannosi effetti.

Quando cioè l'interno degli alberi è sottoposto al raffreddamento per mezzo di una conduttibilità a traverso le fibre, in ogni cambiamento di temperatura l' alternativa nella tensione dei vasi succede non improvvisamente, ma grado grado. Non meno lentamente si propaga nella primavera il reduce più elevato calore. Ma come i pomi, le patate ecc., soffrono infinitamente meno se noi li lasciamo scaldare nell'acqua fredda piano piano fino sopra al punto di congelazione, così anche ai nostri alberi quella lenta comunicazione di una più alta temperatura è di un' utilità incalcolabile.

Ecco, io ho qui un vaso d'acqua sopra un treppiede; io vi accendo sotto il fuoco ed osservo in qual grado il calore cresce di sotto in sopra. Trovo che cresce in grado assai notevole, perchè appena il fuoco ha fiammeggiato alcuni minuti intorno al fondo del vaso, io sento negli strati superiori la cresciuta temperatura. L'acqua finalmente è giunta all'ebollizione Onde io pongo sul vaso una lamina di ghiaccio grossa almeno di 3 in 4 pollici, e fo la nuova osservazione che si richiedono soli pochi minuti a convertirla in acqua. Ora io instituisco un terzo esperimento. In questo vaso di vetro si trova acqua quasi diacciata; io v' immergo un termometro coprendolo d'olio caldo. Come segua allora la propagazione del calorico, lo mostra in particolare la circostanza, che io posso tirar su la palla del termometro quasi fino allo strato di olio senza avvertire il menomo alzamento di temperatura.

Digitized by Google

L'acqua calda è sempre più leggera che la fredda. Se io riscaldo pertanto l'acqua (potrebbe però servire ogni altro liquido) entro un vaso dalla parte di sotto, com'è uso, le particelle scaldate salgono senza interruzione ad alto; ma le superiori più fredde, e veramente a cagione della loro maggior gravità, scendono a basso, e causano pertanto una circolazione o movimento circolare del fluido.

fig. 136

Chi vuol vedere ben chiaro tutto ciò, empia d'acqua una palla di vetro (vedi al medesimo tempo l'attigua figura 136) la mescoli con ambra in polvere e la scaldi ad una lucerna — egli proverà il piacere di vedere reiteratamente come la polvere insieme all'acqua s'alzi appunto sopra la lucerna; per contro ai lati si muova all'ingiù. Nel modo indicato la diffusione del calorico segue con bastevole rapidità e l'acqua consegue apparentemente la proprietà di un buon conduttore. Tuttavia chi considera che la conduttibilità è un passaggio del calorico da una particella all'altra intende che in questo caso non si tratta di conduttibilità, perchè qui le stesse particelle scaldate s'avanzano da se stesse, ma intende solo che il calorico può propagarsi anche per correnti.

L'acqua è assolutamente, come in generale ogni liquido, un cattivo conduttore del calorico. Per convincersene in un altro modo si ponga una piastra rovente di ferro sopra un vaso d'acqua calda, e un pezzo di ghiaccio sotto un altro vaso d'acqua bollente. Il successo fa stupire. Finchè noi lasciamo stare la piastra rovente di ferro sul primo vaso, il calore che concepisce l'acqua è assai insignificante; anzi non penetra, di che ci possiamo convincere per mezzo d'un piccolo foro fatto in vicinanza del fondo, fino agli strati inferiori. Così il pezzo di ghiaccio non partecipa al calore dell'acqua che bolle sopra di lui. Veramente comincia a sciogliersi qui e qua; ma anche quando l'acqua toccasse immediatamente la sua superficie ci vorrebbero ore prima che fosse sciolto in ogni sua parte.

Figuratevi una camera le cui pareti siano tappezzate! È assai notevole che gli strati d'aria tra i detti oggetti rimangono sempre freddi, per quanto possa crescere il calore nella camera stessa! Figuratevi inoltre che sopra quella camera se ne trovi un'altra, e che ambedue si trovino in comunicazione per una grande apertura nel palco. Senza aver preso una qualsiasi disposizione noi vediamo ben presto, quando la stufa della camera inferiore è stata

assai riscaldata, come il calorico si diffonda rapidamente all'insù, o come sia portato oltre benissimo dall'aria. Se i raggi solari cadono in una camera testè spazzata, e piena ancora di polvere, noi vediamo chiaramente come l'aria scaldata da essi alzi le particelle di polvere. Sempre in una camera riscaldata l'aria più calda si trova in alto, la più fredda al basso. Il principio suespresso: « i liquidi sono cattivi conduttori del calorico » vale per conseguenza anche per i fluidi elastici. Del resto non si scambi neppure in questi corpi la speciale conduttibilità con la diffusione del calorico a correnti.

Quei corpi che, come i metalli, appartengono ai buoni conduttori, conservano solo breve tempo il calore comunicato loro; tutti gli altri che, come il legno, la carta e simili prendono con difficoltà un' alta temperatura, la ritengono all' incontro lungo tempo; vale a dire la ricedono con estrema lentezza. Con tal rispetto noi chiamiamo quei corpi *cattivi*, e questi *buoni conservatori del caldo e del freddo.*

I peli, la lana e le piume sono pessimi conduttori del calorico. Onde non dee farci meraviglia di vederne riccamente vestiti quegli uccelli e mammiferi, la cui patria è posta sotto una fredda regione, come zibellini, orsi bianchi, gabbiani, oche settentrionali, cotinghe ecc. La lana, la tela, e diverse pelliccerie, di cui noi sogliamo farci gli abiti, rendono perciò tanti buoni servigi, perchè essi, come appartenenti ai cattivi conduttori, ritengono quel calore che si sviluppa mediante le funzioni vitali. Gli abiti troppo serrati non sono mai così buoni come gli alquanto larghi. La cagione di questo è riposta negli strati d'aria che si formano tra il corpo e i vestimenti larghi. Sul movimento circolare dei liquidi si fonda il riscaldamento delle camere mediante l' acqua calda. Altri si figuri nel pian terreno di qualsiasi edificio un calderone chiuso tutt'intorno, poi un largo tubo, che dal suo coperchio va ai piani superiori; finalmente più altri tubi, che da quel tubo principale muovono orizzontalmente per le diverse camere. L'acqua scaldata nella caldaia sale nel tubo principale, e alza la temperatura dei tubi laterali.

Se la lingua resta attaccata facilmente alle verghe di ferro, che sono state esposte ad un grande freddo; se noi avvolgiamo di paglia le trombe d'acqua e i giovani arboscelli, per preservarli dal gelo, appunto come le ghiacciaie, da cui vogliamo tener lontano il calore dell'atmosfera; se una così detta stufa russa, seppure le sue grosse pareti d' argilla siano state ben penetrate dal calore, riscalda la camera per lunghe ore; se un bicchiere posto sopra

una stufa accesa non si rompe, quando noi gli abbiamo messo sotto della carta; se sotto le tettoie di stoppia si ha meno caldo l'estate e meno freddo l'inverno che sotto i tetti comuni; se la neve primaticcia, vale a dire caduta prima che siano sopravvenuti i giorni rigidi del verno, fa alle giovani semente un'incalcolabile utilità; se la fiamma d'un lume acceso, che noi mettiamo alla porta tra una camera fredda ed una riscaldata, spira superiormente nella camera fredda, e al contrario inferiormente nella calda (pertanto noi sentiamo anche ai piedi un vento freddo, quando nel verno, la porta sta aperta); se una striscia di carta tagliata in forma di spirale, sia attaccata sulla cima d'un ago da cucire fissato verticalmente, in vicinanza d'una stufa calda, ora s'innalza ora s'abbassa (il giocherello porta il nome di *serpe danzante*), tutti questi e simili fenomeni non abbisognano di nessun'altra spiegazione, perchè noi abbiamo imparato a conoscere i buoni e i cattivi conduttori del calorico.

Il calore che riceve il nostro viso quando noi in vicinanza alla bocca d'una stufa aperta, abbiamo il fuoco direttamente dinanzi, è come si sa, tanto forte, che siamo costretti di volgerci da un altro lato. Questa circostanza in ispecie ci mostra scolpitissimamente l'*irraggiamento del calorico*. Se noi invece di voltarci, chiudiamo la stufa, e mettiamo tra il fuoco e il nostro viso una lastra di cristallo, il calore sparisce isoffatto, e si conferma il detto: « il calore tramanda i suoi raggi, come la luce ».

Tutto quello ch'è stato trovato finora sopra l'irraggiamento del calorico, io lo raccolgo nei seguenti 5 punti.

1. *I raggi calorifici che cadono sopra un corpo, sono in parte lasciati passare, in parte respinti, in parte assorbiti.* — Un corpo che li lascia passare, come un corpo trasparente fa pei raggi della luce, è p. e. il salgemma. A lui per questo riguardo è totalmente opposto quasi ogni corpo di perfetta opacità. Lo spato calcare, il cristallo degli specchi, il cristallo di monte ecc., si comportano secondo che i raggi sono loro trasmessi, o da acqua bollente, o da rame riscaldato, ora in questa, ora in quella guisa. Della riflessione dei raggi calorifici somministrano la miglior prova due specchi concavi. Si pongano in una reciproca distanza di 10 in 12 piedi, tantochè i loro assi formino una linea retta; si porti poi nel fuoco *a* (fig. 137) dell'un specchio *m n* un lume, e nel fuoco *b* dell'altro *o p* fosforo, solfo, in generale un corpo facilmente combustibile; ed altri non tarderà molto a vedere infiammarsi l'ultimo pel calore notevole in *b*. Il lume in *a* manda i suoi raggi verso *mn*; di qui muovono parallelamente all'asse verso *op*; finalmente si riflettono convergendo nel fuoco *b*.

Digitized by Google

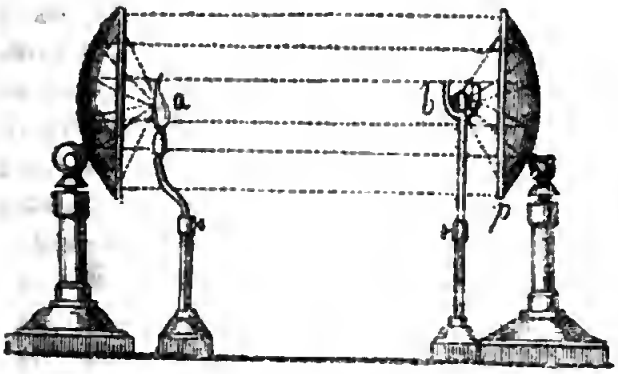


fig. 137

2. *La quantità di calore, che un corpo irraggia, dipende non solo dalla sua temperatura, ma anche dalla sua superficie.* — Noi abbiamo già addotto alcune prove di questo principio (io ricordo i due vasi, le piastre metalliche, come altresì il principio sperimentale fondato sovr'essi: *i corpi di color chiaro e levigati respingono sempre il calorico:* ma pure noi facciamo un altro solo, ma certo assai importante sperimento. Si riguardino prima le quattro facce di questo cubo vuoto di latta: « l'una faccia è levigata, l'altra coperta di vetro, la terza depolita, la quarta greggia e rivestita di nero fumo. » Si empia ora d'acqua, si scaldi col mezzo di una lucerna ad alcool, si ponga in una certa distanza uno specchio concavo di metallo, e sul suo asse poi un termometro ad aria, la cui palla superiore coincida esattamente col fuoco, brevemente appunto così, come mostra la qui aggiunta figura 138, e si volgano finalmente quelle quattro facce nell'ordine che sono state descritte contro allo specchio. Solo allora si ha il piacere di vedere ad ogni successiva nuova faccia sempre più premuta all'ingiù la colonna del liquido colorato. La cagione di questo fenomeno salta agli occhi. Presupposto che un qualsiasi corpo debba raggiare il meno possibile di calorico, gli si dia una superficie metallica ben levigata. Così per l'avvenire non ci parranno più fenomeni inesplicabili i molti ornamenti nelle nostre stufe, il più sollecito bollire dell'acqua in vasi filiginosi, il sollecito raffreddamento di un pavimento riccamente coperto di piante e via discorrendo.

3. *I raggi calorifici sono esposti alla refrazione similmente ai raggi della luce.* — Io ricordo ora le lenti ustorie che raccolgono nel fuoco i raggi del calorico che le trapassano, e se pure hanno una grandezza alquanto considerevole, provocano un calore che converte

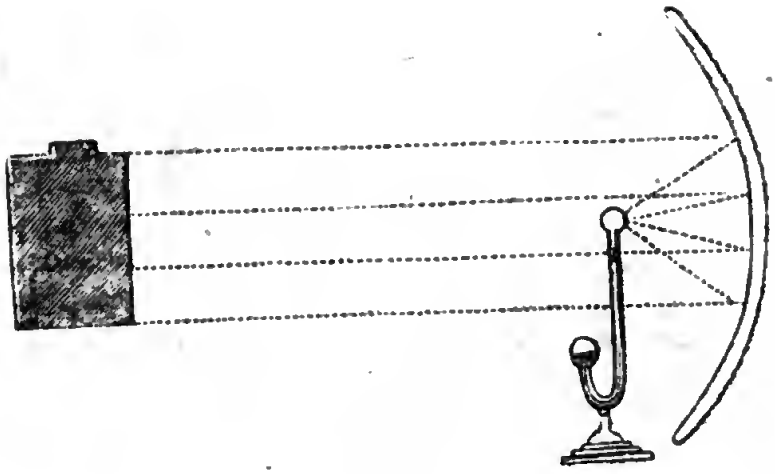


fig. 138

anche il vetro in una massa liquida. Noi non conosciamo una certa legge di rifrazione; perchè tutti i tentativi mediante i quali si sperava trovarla, hanno solo insegnato una cosa, che i raggi delle diverse sorgenti di calore sono rifratti con diversa forza.

4. *I raggi calorifici sono, rispetto alla loro velocità, in ogni caso perfettamente eguali ai raggi della luce.* — In due grandi specchi concavi, posti da 80 a 100 piedi l'uno contro all'altro, tantochè i raggi che da uno degli specchi sono riflessi parallelamente al suo asse, percuotono anche l'altro specchio parallelamente al suo asse, vi si concentrano come dicemmo nel fuoco. Ora quando noi collochiamo una palla assai calda, ma non più rovente nel fuoco del primo specchio, un termometro che si trovi nel fuoco del secondo comincia in un istante a salire, quando cioè sia levato via il riparo ch'è tra loro.

5. *I raggi calorifici comunicano all'aria, che attraversano, pochissimo, anzi quasi nessun calore.* — L'esperimento già esposto, nel quale noi abbiamo collocato tra il fuoco e il nostro viso una lastra di vetro, conferma quest'ultimo principio; perchè il calore per altro insopportabile sparisce ogni volta che quella lastra si rimette. Del resto ne fanno fede molti altri fenomeni relativi alla vita comune.

§. 7.

Del calorico latente e libero.

Io verso qui 2 libbre d'acqua, l'una a 0 gradi, l'altra a 60 gradi, secondo Réaumur, in un solo vaso, e cerco al modo solito la temperatura del miscuglio. Ell'è esattamente, o quasi esattamente a 30 gradi. Io replico l'esperimento, ma invece dell'acqua fredda prendo una libbra di neve o del ghiaccio trito, e in procinto di sciogliersi. Che l'acqua calda sciolga la neve o il ghiaccio non è meraviglia; ma che il termometro, quando quella massa si è totalmente mutata in acqua, segni nel nuovo miscuglio 0 gradi, fa non poca meraviglia, e ci spinge a domandare: dove sono andati i 60 gradi di calore, che la libbra d'acqua possedeva prima? Il ghiaccio gli ha consumati nel fondersi. Io pongo inoltre al fuoco dell'acqua fredda in un vaso scoperto. Finchè non bolle, il suo calore cresce quasi a ogni istante, ma com'è levato il bollore, esso calore, come mostra il termometro, non si alza più menomamente. Tutto il nuovo calore che affluisce non fa altro d'ora innanzi che trasformare l'acqua in vapore.

Fenomeni al tutto simili a questo sopravvengono quando qualsiasi corpo solido si trasforma in un liquido, od un liquido in un fluido elastico. Intorno a ciò notate principalmente due punti.

1. *Nel passaggio così dallo stato solido al liquido, come dal liquido al fluido elastico, una certa quantità di calorico diventa insensibile al nostro tatto e al termometro.*

2. *Questo calorico, del quale noi non sappiamo bene cosa sia avvenuto, si chiama calorico* LATENTE.

Se io verso dell'acqua in un vaso aperto con una copertura di olio, e lo pongo avanti alla finestra in una giornata d'inverno, che non tiri vento, e molto fredda, mi fa meraviglia di vedere, che senza congelarsi, si raffreddi fino a 4, 6, anzi 12 gradi Réaumur sotto il gelo; ma la mia meraviglia si fa veramente grande, se il mercurio di un termometro immerso, mentre l'acqua scuotendola si trasforma in ghiaccio, sale d'improvviso fino allo zero. Del resto quanto è più debole la pressione atmosferica, che soffre l'acqua che si vuol raffreddare, tanto riesce meglio anche questo esperimento (*). È evidente che il fenomeno dimostrato non può essere che l'effetto di un calore che sopravviene di nuovo.

(*) Chi fa bollire l'acqua in un tubo di vetro, che finisce superiormente in una sottil punta, e quando mediante l'evaporazione è stata rimossa quasi tutta

Ecco qua un vaso d'acqua a 0 gradi Réaumur, ed accanto ad esso un altro del pari grande con acqua a 80 gradi Réaumur. Se mescolo l'acqua dei due vasi insieme, il mio termometro m'indica esattamente o quasi esattamente la temperatura media di 40 gradi. Il risultato è poi diverso, se io invece di acqua bollente adopero vapori di egual caldezza. Un apparato come il qui disegnato (fig. 146) mi rende assai considerevoli servigi. Le sue parti più importanti sono: 1. Il vaso di vetro o storta nel quale io per mezzo d'una lucerna ad alcool, elevo l'acqua fino all'ebollizione; 2. Il bicchiere a cilindro, che io empio d'acqua a 0 gradi ad un'altezza determinata, qui p. e. fino ad undici pollici; 3. Il tubo di vetro, che tocca quasi il fondo del bicchiere, ed il cui scopo è di condurvi i vapori che si svolgono dalla storta. Appena io ho cominciato a scaldare l'acqua, io

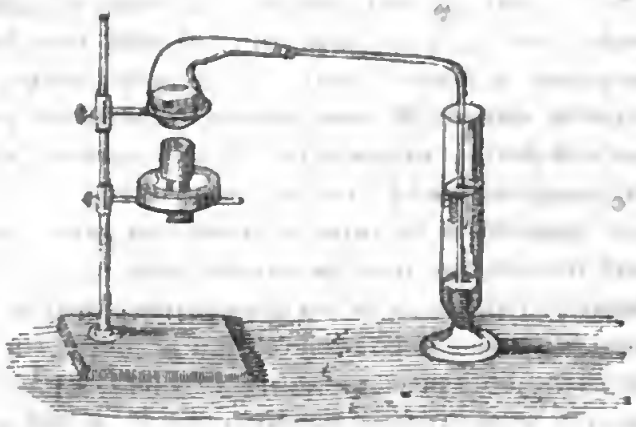


fig. 139

vedo le bollicine d'aria salire l'une dopo l'altre ad alto, e mi convinco finalmente che questo fenomeno continua fino al punto, che entra in ebollizione, e fa giungere i suoi vapori nel bicchiere. Questi ultimi naturalmente si condensano subito che vengono in contatto con l'acqua diacciata, la scaldano maggiormente di secondo in secondo, e la conducono finalmente allo stato di ebollizione. Se non posso condurre più oltre il mio esperimento, io rimuovo pertanto il tubo, e misuro, dopo seguita la trasformazione di tutti i vapori, a che altezza sta l'acqua nel bicchiere.— Invece di 11 io trovo esattamente 13 pollici. — Chi considera qui: 1. Che la quantità di

l'aria, chiude ermeticamente la piccola apertura, produrrà indubitatamente con maggior sicurezza e bellezza il detto fenomeno, perchè quei fluidi elastici alle temperature più basse esercitano solo un'assai piccola pressione.

acqua nuovamente aggiunta sta alla prima come 2 a 11; 2. Che dessa è passata nel bicchiere allo stato di vapore ed alla temperatura di 80 gradi ha portato l'acqua diacciata senza perdere menomamente del suo proprio calore fino all'ebollizione, non può più dubitare un istante, che una libbra di tali vapori basta a portare 5 libbre e 1|2 d'acqua da 0 gradi allo stato di ebollizione. Poichè noi osserviamo simili fenomeni, come nell'acqua e nei vapori che si svolgono da lei, così anche nei liquidi e fluidi elastici, quando però trapassano ad uno stato d'aggregazione più compatta, ne viene che noi possiamo tenere per giusta la seguente legge esperimentale.

Nel passaggio così dallo stato fluido elastico al liquido, come da questo nello stato solido, si svolge sempre pel nostro tatto e pel termometro una certa nuova quantità di calorico. — Del resto il calorico diventa libero ancora quando un fluido entra in stretta combinazione con un altro corpo. Solo così si spiega p. e. il forte riscaldamento, che segue quando noi versiamo l'acqua sulla calce cotta.

Chi conosce le due leggi esperimentali, possiede in pari tempo la chiave, col cui aiuto può deciferare a se medesimo molti e spesso assai meravigliosi fenomeni; se p. e. una camera calda si raffreddi rapidamente, quando o entrano più uomini alle cui scarpe sia attaccata neve o ghiaccio, o si sono tese camicie, fazzoletti da naso, e simili presso alla calda stufa per asciugarli; se non è punto una magia il metter acqua a congelare in un piatto di stagno, che sta sopra un altro, che posa sopra un braciere, e contenga neve o ghiaccio trito (*); se si produce fresco, quando ai caldi giorni estivi innaffiamo d'acqua le mura e il pavimento della stanza; se il tenere in dosso i panni umidi può cagionare un'infreddatura, perchè il nostro corpo dee emettere il calorico per l'evaporazione del liquido; se il vino, l'acqua e simili rimangono freschi, quando noi avvolgiamo i fiaschi di panni fortemente bagnati, di questi e di molti altri fenomeni ci dà ragione la prima legge.

Se noi inoltre vediamo il vino agghiacciato sciogliersi quando si pone il fiasco nell'acqua fredda, mentre questa si converte in ghiaccio; se in simili circostanze, pere, pomi, patate diacciate e simili si disfanno; se l'acqua passando allo stato di ghiaccio, spezza anche i vasi metallici ben turati; se ad un rigido freddo gli alberi in cui è penetrata l'umidità, si fendono con un violento

(*) A Benares nell'Indie orientali si forma artificialmente il ghiaccio, tenendo dei vasi d'argilla piatti porosi pieni d'acqua la notte sopra fosse basse attraversate di canne di zucchero.

scoppio, e talora le spaccature sono assai grandi; se il coperchio d'un vaso, quando i vapori che vi sono attaccati, si condensano e trasformano in acqua, consegue un grado assai alto di calore, noi dobbiamo, per renderci perfettamente famigliari le cagioni di tutti questi fenomeni, tener l'occhio a quella seconda legge.

Io torno alle patate, pomi e pere diacciate. Se noi ponghiamo queste cose subito sulla stufa, si disfanno e non si possono più mangiare; ma se noi le lasciamo nell'acqua fredda finchè si scaldino lentissimamente fin sopra al punto di congelazione, noi ci godiamo, sebbene intorno ad esse si sia formato una forte corteccia di ghiaccio, il loro buon sapore. Il simile succede delle membra agghiacciate. Per sventura vi sono troppi esempi che i chirurghi a persone che s'erano appressate troppo presto al fuoco o a qualsivoglia altro oggetto caldo, dovettero tagliare le dita delle mani o dei piedi perchè non si bruciassero vive.

In ultimo vi dirò ancora una parola sul trattamento degli agghiadati. Quando persone che eran state già tre giorni in un tale assideramento si riavevano, non dovevano altre, che erano state trovate dopo poche ore, tornare in vita tanto più presto? Veramente a ciò si richiede che noi le riscaldiamo pian piano, come i singoli membri agghiadati. Così si confrichi primieramente l'infelice ritrovato fortemente con neve. Che per un tal modo una quantità di freddo esca dal suo corpo ce lo dice il nostro proprio tatto, come esso ci dà la prima speranza di salvare secondo ogni probabilità l'agghiadato. Dopo quella prima operazione si metta o in un letto freddo, o si copra di paglia o letame, ma sempre in modo che il suo capo resti libero. Il calore che gli comunicano tali cose è sempre più alto di alcuni gradi che quello della neve che si converte in acqua. Per solito l'agghiadato riapre i suoi occhi ad una nuova vita. Quanto è piccola la fatica che apporta la descritta operazione, tanto è grande la gioia, onde ricompensa poi il nobile salvatore.

Il giovamento della neve nel caso indicato è noto anche ai selvaggi. Così p. e. i Canadesi seppelliscono profondamente sotto la neve ogni agghiadato che incontrano nelle loro cacce, lo lasciano star quivi tutta una notte senza darsi pensiero, e il giorno seguente, a giorno alto, ricercano come stia l'infelice. Questi per solito ha già ripreso il suo cammino.

Al costume di seppellire le persone, primachè esistano i caratteri della morte reale, si è veramente ovviato con savie leggi; ma prima che l'autorità vi avesse rivolto sopra lo sguardo quel costume aveva bene spesso i più cattivi effetti. Come la neve, così

la tomba riscalda evidentemente grado grado il corpo agghiadato, e ritorna in vita l'infelice, di che, ohimè! non mancano esempi. Quale risveglio! In verità non v'ha lingua umana che possa dipingere le orrende torture, alle quali era messo il già agghiadato.

Due altre parole sull'ebollizione e l'evaporazione.

Ecco qui un boccione di vetro con lungo collo *a* (fig. 140). Io lo tengo levato, lo empio forse fino alla metà d'acqua, e ne caccio tutta l'aria, mentre faccio bollire l'acqua con l'aiuto di una lucerna ad alcool. Dipoi io chiudo il collo col mezzo di un sughero, e do all'apparato quella posizione che vi mostra la fi-

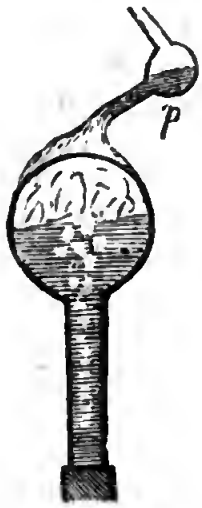


fig. 140

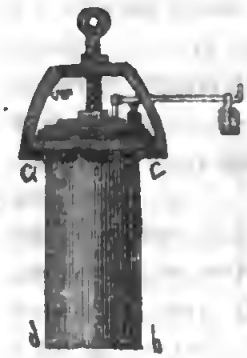


fig. 141

gura. Il mirabile sta in ciò, che l'acqua, lasciata a se stessa, non bolle più oltre, ma nell'istante, in cui io verso nella parte superiore dell'altra acqua al possibile fredda col mezzo della boccia *p*, torna di nuovo a bollire.

Prima che io entri nella cagione di questo fenomeno veramente singolare, io vi descrivo la *pignatta di Papin* (fu inventata alla metà del secolo decimosettimo da Papin, scienziato che viveva a Cassel e Marburgo) che ha servito ad una quantità di notevoli esperimenti. Consta ordinariamente di un cilindro di rame stagnato *a b d c* (fig. 141) che può sostenere una forte pressione e d'un coperchio, che può chiuderla fermamente per mezzo di una vite di ferro. — Per impedire che si spezzi è munita d'una valvula di sicurezza, come mostra la figura qui aggiunta. Sebbene esposta ad un gran fuoco, tuttavia l'acqua che si trova in essa non bolle; il *vapore, non potendo uscire esercita sopra l'acqua una troppo forte*

pressione. — Questa si palesa principalmente all'apertura della valvula di sicurezza.

La pignatta di Papin ci ha fatto particolarmente conoscere due punti assai importanti: 1. *La forza meccanica, ch'è esercitata dai vapori;* 2. *La forza dissolvente ch'è esercitata dall'acqua, scaldata sopra il punto di ebollizione.* Le ossa più dure vi lascian la loro ultima sostanza nutritiva; anzi si convertono al tutto in una specie di farinata. Se non avessero trovato questo meccanismo, gli uomini in molti luoghi della terra, dove specialmente l'acqua ad un piccolo calore passa allo stato di ebollizione (in Quito avviene a 72 gradi Réaumur), non sarebbero in grado di dare la necessaria mollezza alle carni e simili. Anche nelle nostre regioni il coperchio d'un vaso non di rado è di momento.—*Secondo che i vapori crescono di calore, così anche di forza espansiva.* — Secondo molteplici esperimenti mantengono essi il mercurio nel barometro a vapore (io tralascio qui la descrizione di questo instrumento) a 80 gradi Réaumur al tutto come la pressione media dell'atmosfera, ossia a 28 pollici; a 98 gradi lo mantengono a 2×28, a 100 gradi lo mantengono a 3×28 pollici, ecc. vale a dire la sua pressione è pari alla forza di 2, 3, atmosfere. Le macchine a vapore ci ammaestreranno ottimamente per lo innanzi di tutto questo. Non solo per trovare, ma anche per calcolare la quantità dei vapori acquei, che contiene l'aria, noi ci serviamo ora di questo, ora di quell'instrumento. Uno ancora io ve ne fo osservare. Un altro voi ne avete già conosciuto prima a proposito della forza dilatatrice dell'acqua.

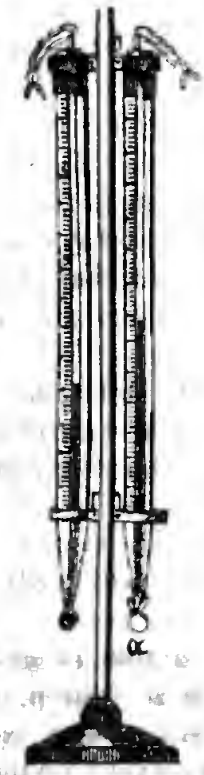


fig. 142

Il nuovo instrumento porta il nome di *psicrometro* o di *misuratore del freddo umido*, ed è stato inventato da *August* scienziato di Berlino. A darne idea serva la fig. 142. Nei due termometri, onde consta, e che sono sospesi verticalmente l'uno accanto all' altro sopra un piedestallo di legno, tutto sta che siano esattissimamente lavorati, e che la palla del termometro *a*, coperto di mussolina e immerso in una tazzetta piena d'acqua. L'evaporazione dell'acqua produce il freddo, e il freddo un abbassamento del mercurio nel detto instrumento. Presupposto che l' aria, la quale circonda la palla, sia perfettamente satura di vapori, il mercurio rimane nell' *identico* luogo nella canna che gli sta sopra, e

non mi resta altro che trovare la così detta *differenza del psicrometro*, vale a dire la differenza della temperatura indicata dai due termometri. Dall'ultima è determinata l'umidità dell'aria. Il principio sperimentale, sul quale si fonda il psicrometro del professore *August* suona così: *Quanto più l'aria è asciutta, tanto più rapidamente s'evapora l'acqua, e tanto più s'abbassa la temperatura del suo ambiente.*

Un instrumento come il testè descritto, c'indica di prima mattina con sufficiente certezza, se noi dobbiamo in quel giorno aspettarci pioggia o bel tempo. Forse anche meglio che il psicrometro d'August, ci viene ciò indicato dall'*igrometro di Daniel*, che si fonda parimenti sull'evaporazione e precipitazione.

§. 8.

Di alcuni fenomeni naturali particolarmente notevoli.

a) *Della rugiada.*

Il caldo e sereno giorno è finito, e noi usciamo all'aria aperta per ravvivarci nella fresca aria della sera. Non siamo stati lunga pezza che scorgiamo che gli oggetti a noi vicini divengono umidi; che ora alla loro superficie, ora alla loro base si formano gocciole d'acqua; che quest'umidità non risparmia nè le foglie, nè i fiori delle piante, nè le pietre, gli assi o le tavole, ecc. siano ad una maggiore o minore altezza. Notate:

1. *Il fenomeno atmosferico testè accennato si chiama* RUGIADA.

2. *La rugiada comincia ordinariamente nei luoghi ombrosi, avanti al tramonto del sole; ne' luoghi aperti, dopo il suo tramonto, dura tutta la notte, e si dilegua grado grado, dopo il sorgere del mattino; è più debole verso mezzanotte, più forte dopo il tramonto e circa al tempo del levarsi del sole; finalmente la stagione più favorevole a lei è l'estate.*

3. *Alcuni oggetti prendono l'umidità ch'ella arreca seco in gran quantità; altri in piccola quantità*; quanta rugiada si vede p. e. nei luoghi erbosi; quanto poca sui luoghi arenosi; quanta sul vetro comune; quanto poca sulle lastre di metallo polite; quanto nei corpi bassi e scoperti; quanto poca sui corpi alti e coperti!

4. *La rugiada non è altro che acqua e veramente della stessa natura di quella che la natura ci porge nella pioggia e nella neve.* — In una giornata calda l'acqua s'evapora in quantità; anzi tutta

l'aria s'empie mano mano di vapori. Se il cielo rimane chiaro all'entrar della notte, quei corpi solidi particolarmente che si trovano in vicinanza della superficie della terra, perdono per l'irraggiamento ben molto del loro calore, raffreddano gli strati atmosferici più bassi e producono la rugiada. A cielo nuvoloso non succede questa precipitazione acquea, perchè il velo delle nuvole impedisce a ciascun corpo di raggiare il suo calorico. Finalmente essendo che il raggiamento del calorico segue in grado diverso nei diversi corpi, noi dobbiamo scorgere la rugiada ora in maggiore, ora in minor quantità. L'aria supera l'erba rugiadosa non di rado di 4 a 5 gradi, secondo la scala centigrada; i fiocchi di lana e le penne di cigno irrorati talora di 8 a 9 gradi. Se la differenza tra il calore dell'aria e dell'erba decresce, il che p. e. succede sempre quando il cielo si rannuvola, anche la rugiada si va mano mano dileguando, e cessa totalmente subitochè quella differenza è scesa a zero.

« Sapete voi anche perchè la rugiada è debolissima verso la mezzanotte, fortissima dopo il tramonto e la levata del sole? e donde viene la divisione che se ne fa in *rugiada serotina e mattutina?* »

5. *La rugiada è un fenomeno naturale non solo giovevole, ma magnifico.* — Quanto apparisce bello per esempio quando noi ad un sereno mattino di state vediamo ogni erba, ogni corolla di fiori, ogni stelo d'erba, ecc. seminati di rugiada, in cui i raggi del sole si rifrangono in mille modi e ci vengono agli occhi ne'più vivaci colori dell'iride?

Dovunque noi volgiamo il nostro sguardo a questo tempo, dappertutto ci brilla innanzi il più caro splendore, i più vivaci scherzi di colori; le piante appariscono come ravvivate; un olezzo balsamico, una freschezza piacevole si sparge intorno a noi, ecc.

6. V'è un altro fenomeno, che sebbene s'assomigli un poco alla rugiada, pure è assai diverso da lei. Io intendo la *melata.* Così chiamasi l'umidità viscosa, della quale si coprono talora le foglie di certi alberi e arbusti, e da cui al contrario si serbano liberi altri corpi, come p. e. pietre, tavole, assi, ecc. Giusta diligenti osservazioni, le piante stesse producono la melata; almeno non può dirsi prodotto proprio dell'aria. Lo stesso dee affermarsi della golpe. Questa consta di una materia viscosa, farinacea, si limita a poche specie di piante, e sembra accennare ad uno stato infermiccio delle medesime — Nelle biade ha probabilmente per effetto il carbone. Tuttavia potendo noi ovviare alla golpe, scegliendo diligentemente la semenza del grano, e preparando accuratamente il campo, non

dovremmo reputare la golpe un prodotto dell'atmosfera. Del resto si rivela sempre con macchie bianche sulle foglie.

Il liquido zuccherino che i pidocchi d'erba stillano senza interruzione dalle due papille all'estremità della parte posteriore del loro corpo, è sugo dalle piante succhiato, e porta del pari, sebbene più di rado, il nome di melata.

Conoscendo la generazione della rugiada, voi saprete spiegare anche molti fenomeni che sono in stretta relazione con lei. Io richiamo la vostra attenzione solo sopra alcuni di essi. Le giovani pianticelle non sono mai tanto esposte al gelare, quanto in una notte serena e fresca di primavera. I giardinieri verso sera le coprono di un leggier velo, e solo sotto tali circostanze conservano tutto il calore dell'aria che le circonda. Se avessero potuto godere il libero sguardo del cielo, avrebbero raggiato una parte del loro calorico, e così p. e. gli steli d'erba presso a loro sarebbero stati più freddi di 3 a 4 gradi. - Se volete inoltre chiarirvi perchè le brine di primavera sogliono riuscire meno pregiudicievoli sulle colline che nelle pianure, non avete che a chiamare in aiuto il noto fenomeno che in una notte serena gli strati inferiori dell'aria sono notevolmente raffreddati, mentre i superiori si mantengono caldi abbastanza. Anche la formazione artificiale del ghiaccio nelle India Orientali, coincide con la produzione della rugiada. Imperciocchè quando le genti di quel paese hanno scavato alcune fosse in una pianura, ciascuna delle quali è forse 5 piedi larga, e circa mezzo piede profonda, le coprono di paglia e di canne di zucchero e all'ultimo vi mettono sopra vasi piatti, fatti di argilla non verniciata e pieni d'acqua fino al sommo. Questi vasi non lasciano uscire punto d'acqua, ma con tale trasudamento che la loro superficie esterna rimane sempre umida. Così finalmente si congela l'acqua in una notte serena ad un calor atmosferico di 4 a 5 gradi secondo la scala centigrada. « Donde viene che un bicchiere freddo che noi mettiamo in una camera calda, s'appanna, e che le finestre d'una camera riscaldata mostrano lo stesso fenomeno.

b) *La brina.*

Intorno alla brina, fenomeno del pari assai conosciuto, imprimetevi in mente solo queste poche cose.

La brina non è altro che rugiada congelata. — Se i corpi, sopra i quali si sono precipitati i vapori acquei, sono raffreddati fin sotto al punto del gelo, i vapori nel toccare quei corpi si diacciano e ci danno la brina. Onde alberi, tetti, ponti di legno, piazze

inarborate, ecc. si vedono non di rado bianchi, mentre sulle strade, nel basso e nudo terreno non si scorge brina di sorta. La goccia di rugiada cade a terra, quando ha conseguito una certa gravità; l'ago di ghiaccio al contrario s'attacca fortemente, e lascia anche che un secondo, un terzo, un quarto, ecc. si unisca seco. Per cotal modo la brina raggiunge talora una gravità assai notevole, tantochè non solo i più deboli rami, ma anche i più forti tronchi degli alberi si spezzano; ma i tronchi solo presso alle cime. Simili fenomeni si presentano particolarmente negli alberi aciculari. Se alla brina s'aggiunge la neve, il troncarsi si fa più generale, e il danno più considerevole.

2. *Lo scorcio dell'autunno e il principio della primavera sono i tempi in cui la brina si mostra più spessa; nell'inverno noi la vediamo solo qualche volta, quando alla terra manca il suo lenzuolo di neve.*

3. *Guardatevi dallo scambiare la brina con la neve, a cui in moltissimi punti s'agguaglia.* La prima consiste in fini aghi di ghiaccio, e sta salda nei gambi d'erba, nei rami degli alberi, ecc.; l'ultima è quasi da comparare alla polvere che si vede molto sparsa.

4. *Con la brina hanno relazione il gemere delle muraglie, l'aggelarsi dei vetri delle finestre, ed il gelicidio.* — Quando dopo un rigido e lungo freddo l'aria diventa ad un tratto più mite, anche i vapori che nuotano in lei, ricevono con sufficiente rapidità una temperatura più elevata; ma le fredde muraglie non sono punto tanto suscettive del calore nuovamente sopravvenuto, e congelano pertanto ancora un certo tempo tutte le particelle d'acqua che loro s'addossano. Del resto quanto sono più spesse tanto più difficilmente cedono in primavera il freddo concepito nel verno. L'aggelarsi delle finestre succede allo stesso modo. Figuratevi che una stanza sia fortemente riscaldata, e il freddo a cielo scoperto abbia attinto un grado abbastanza alto. In tali circostanze non devono i vapori dello spazio rinchiuso congelarsi quando toccano la finestra, raffreddata fino al punto del ghiaccio?

Il simile appannarsi della finestra nella sua superficie esterna, può solo avvenire, quando al gran freddo sottentra all'improvviso la mite aria di primavera. Del resto noi non sappiamo come si formino belle figure d'ogni specie nelle vetrate; secondo tutte le probabilità dipendono dalle correnti dell'elettricità aerea. — Il fenomeno del gelicidio abbisogna appena di essere spiegato. Poichè la terra al fine dell'inverno è ordinariamente assai fredda, non è da far meraviglia che la pioggia, che cade a questo tempo, diventi ghiaccio.

c) *La nebbia.*

Come la rugiada o la brina, anche la nebbia è un fatto naturale conosciuto. — Chi p. e. alla sera dei caldi giorni di estate, e talora eziandio nella notte, od anche ad altro tempo, solo però al sopravvenire improvviso del freddo, non l'ha veduta formarsi sopra i fiumi, gli stagni, i laghi, ecc.? Chi inoltre non l'ha osservata dopo una pioggia in tante selve, ma principalmente sulle montagne, a cui l'aria più fredda ha libero accesso? Solo le nebbie delle regioni polari, che compaiono molto frequenti e posseggono una mirabile densità, ci sono ignote. — Udite.

1. Mediante l'ebollizione, ogni liquido si trasforma in vapore. Il vapore resta ordinariamente nascosto all'occhio; egli apparisce in generale sol quando dall'aria fredda in cui è salito è precipitato in forma di finissime particelle d'acqua. Dilungato maggiormente dalla sua sorgente, poichè egli può spandersi quivi in maggiore spazio, e cambiarsi pertanto in un fluido elastico meno denso, diventa di nuovo invisibile. — Un fenomeno al tutto simile a questo ci presenta ogni alito emesso nell'aere freddo. Pertanto la nebbia deve nascere necessariamente in due casi: 1. *Quando i vapori passano da qualsivoglia luogo ad un'aere più freddo;* 2. *Quando un'aria pregna di vapori tocca la superficie d'un corpo freddo.* A quella causa devono le nebbie la loro esistenza, che io vi ho primamente indicata. Mentre l'aria raffreddata sul terreno passa vicinissimo all'acqua, trova in essa un vapore saturo, vale a dire tale che la sua densità corrisponde al calore della superficie dell'acqua. Essa raffredda questo vapore e genera la nebbia. In simil modo si generano quasi tutte le nebbie nelle selve; anzi hanno in parte anche quelle nebbie, che si formano sul mare, la stessa origine. Ma che debbano anche allora prodursi le nebbie quando un'aria più calda riccamente fornita di vapori si raffredda fortemente alla superficie d'un corpo, lo mostrano le nebbie delle regioni polari, dove tutti i vapori, che vengono dalle regioni più calde, si trasmutano a un tratto sopra la superficie fredda del mare in fine particelle d'acqua.

2. Se le nebbie, come avviene d'ordinario, contengono solo particelle acquee, esse possono al più essere pregiudicevoli alla salute, quando tornano troppo spesso, e ne furano così sempre di nuovo la benefica luce del sole. Nelle giornate nebbiose non siamo allegri. Assolutamente pregiudizievoli sono da dire quelle nebbie, che portano seco materie eterogenee d'ogni specie, e spandono ta-

lora un odore ingrato, e si danno a conoscere per un importuno titillamento esercitato sui polmoni che ordinariamente provoca la tosse.

3. Una specie affatto particolare di nebbia è conosciuta sotto il nome di *nebbia secca*. Se l'atmosfera non ha la sua densità ordinaria, gli oggetti assai remoti paiono come coperti di un velo sottile; se finalmente il sole, quando s'avvicina all'orizzonte, acquista un'apparenza rosso-scura, anzi senza esser tuttavia velato da una nuvola propria, diventa invisibile prima che raggiunga l'orizzonte, allora la natura ci mostra quella nebbia particolare che non è umida come la comune, ma secca. Una delle più considerevoli nebbie secche apparve l'anno 1783. Ella durò dal maggio fino ad agosto; si diffuse sopra una gran parte d'Europa e del mare Atlantico e parve connettersi all'incendio sotterraneo dell'Islanda e col violento terremoto delle Calabrie.

d) *Le nuvole.*

La più importante, anzi la differenza quasi unica tra la nebbia e le nuvole dipende dalla loro distanza dalla superficie della terra. Imperocchè se i vapori si raccolgono negli strati inferiori dell'aria, noi parliamo come è noto di *nebbia;* ma se si accolgono negli strati più elevati, li chiamiamo *nuvole.* Voi non avete che a salire sopra un'alta montagna, alla quale o sulla quale ci sia accampata una nuvola, e voi sentirete una simile umidità e troverete i capelli, gli abiti, ecc. tanto umidi, come se foste circondato da una nebbia effettiva. Anche nella densità dei vapori domina la maggior corrispondenza.

1. Ogni volta che due quantità d'aria, notevolmente diverse di calore, o non troppo lontane dal punto della maggior umidità, si mescolano insieme, il vapore si precipita; ogni volta che altre masse d'aria, che parimenti non mancano di umidità, trapassano un qualunque corpo collocato in alto, nascono nuvole.

La formazione di tali nuvole alla sera, che al principio si mostrano alle cime, ma poi anche alle parti inferiori d'una montagna, hanno probabilmente la loro ragione solo in quanto si disse testè. In quanto cioè la superficie della montagna, si raffredda più, che quello strato d'aria che pende ad eguale altezza con lei, debbono necessariamente i vapori di questa, quando passano sopra quella, condensarsi e divenir visibili all'occhio in forma di nuvola.

Lo stesso appunto avviene non di rado anche di giorno. Se nella descritta maniera di formazione delle nuvole, lo strato d'aria che

si trova ad eguale altezza è ancora tanto caldo da raccogliere i vapori in forma elastica, ecco che a quelle coste di monte che sono esposte al vento, si posano sempre nuove nuvolette, e si uniscono mano mano verso l'alto con la nuvola grande. Un tale fenomeno non è mai offerto all'occhio dell'osservatore dal lato opposto al monte; quivi piuttosto si stacca dalla nuvola principale una parte dietro l'altra, e ciascuna quasi si scioglie di nuovo in un vapore elastico. Perchè le nuvole ai monti e sui monti ci mandino quasi sempre pioggia è facile indovinarlo; essendochè si formano per la troppa grande umidità dell'aria.

2. Le montagne di neve e di ghiaccio si coprono principalmente volentieri di un ammanto di nuvoli; anche nel tempo veramente variabile, noi osserviamo non di rado che il cielo si rasserena non meno rapidamente di quello che si fosse prima coperto di bianche nuvole. Un mutamento sì repentino si spiega ottimamente per una fredda corrente d'aria; che veramente finchè per la sua notevole altezza non trova abbastanza particelle acquee, non può formare nessuna nuvola, ma tostochè s'abbassa e viene a contatto con gli strati d'aria comunemente caldi e molto umidi, precipita nuvoli ora maggiori, o minori.

Le *nuvole dette pecorelle* che rappresentano nuvole bianche e sottilissime, si trovano ad un'altezza considerevole, e spesso rimangono senza variazione alcune ore, sono assai probabilmente effetti di una corrente calda d'aria, che si spande sopra una più fredda. Ordinariamente annunciano tempo caldo. Se veramente come hanno supposto antichi naturalisti constino di sottili aghi di ghiaccio che possono surnuotare per la loro leggerezza, noi non lo potremo mai sapere di certo. Il vedersi non di rado in loro dei parelii, ha dato particolarmente origine a quell'opinione.

3. Tutte le nuvole nascono nell'atmosfera, non vanno più alto di lei, anzi non si sollevano neppure a'suoi confini. Le migliori misure per la loro altezza sono le montagne. Più compaiono scure, più ci son vicine; più appaiono chiare, più son lontane da noi. La più parte delle nuvole non oltrepassa mai l'altezza di 6000 piedi; che tuttavia vi debbano essere tali nuvole, la cui distanza dalla superficie della terra ascende almeno a un miglio geografico, ce lo insegnano le più alte montagne dell'Asia e dell'America che un anno per l'altro, sono coperte di neve e di diaccio.

4. L'apparenza delle nuvole è straordinariamente diversa nella qui aggiunta fig. 150, che rappresenta per lo meno le specie principali, noi vediamo: su a sinistra, dove si librano i due uccelli, le nuvole a cirro che dopo il bel tempo appariscono primamente nel

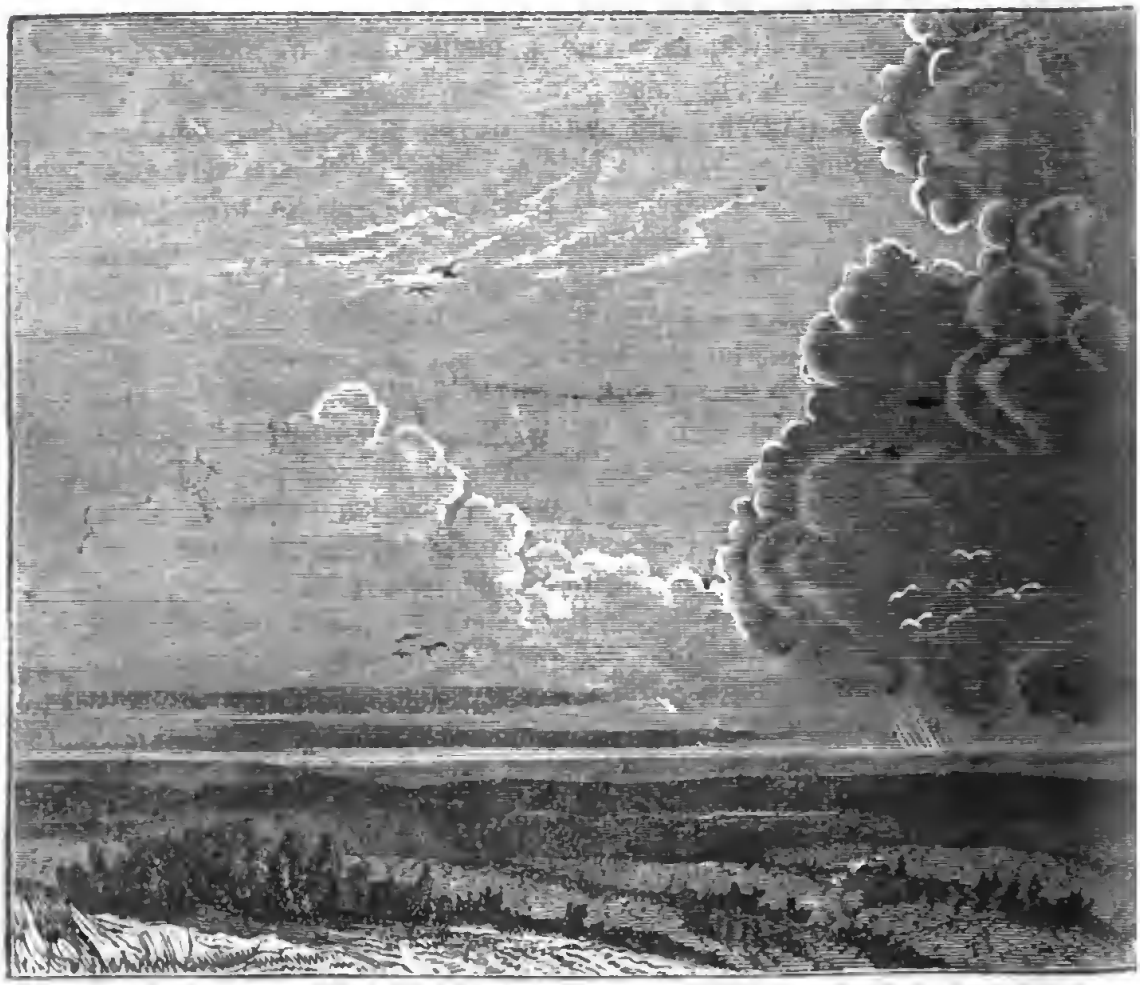


fig. 143

cielo; proprio sotto quelle dove si librano i tre uccelli sono le nuvole a cumulo che formano grandi ed emisferici gruppi ed inoltre non di rado assai pittoreschi (le nuvole piccole, tonde, bianche sopra le quali, passando le nuvole a cirro diventano le nuvole a cumuli, sono note comunemente sotto il nome di *pecorelle);* anche più a basso, sotto alle nuvole a cumuli sono le nuvole a strati, che principalmente si veggono al tramonto del sole, e sempre in strisce orizzontali, e con straordinaria pompa di colori; finalmente a destra (fig. 143), la vera nuvola di pioggia, che spesso nasce dalle nuvole a cumuli listate e spesso copre tutto l' orizzonte di nero turchino.

e) *La pioggia.*

Io tralascio qui la divisione delle pioggie in pioggie locali o a paesi e in pioggie generali o a regioni, in pioggerelle o spolverini e in pioggie procellose; egli è in ogni caso più importante sapere come ella nasca, e quali materie eterogenee si uniscano non di rado con lei. — Udite adunque.

1. Le stessissime cause che generano la nebbia e le nuvole, dato che agiscano in un grado un poco più alto, producono anche la pioggia. Secondo il processo ordinario della natura si forma alla prima una piccola nuvola, la quale s'ingrossa mano mano, e prende un colore che s'appressa sempre più allo scuro; all'ultimo, mosse da certe circostanze, le goccie di acqua cadono a terra. Qualche cosa di simile succede talora nella nebbia. Se cresce cioè l'umidità contenuta in essa, noi vediamo anche in lei piccole goccie d'acqua, che sono precipitate in buon dato sopra la superficie della terra. Anche quella pioggia, nella quale noi ci avvolgiamo in mezzo alla nuvola, deve la sua origine ad una decomposizione del vapore acqueo ch'è nell'aria. Probabilmente le gocciole si formano colà dove un qualsivoglia impedimento si oppone all'avanzarsi della massa di nuvole.

« Non piove egli spessissimo p. e. ai venti che vengono dal mare, o in generale sono ricchi di vapori, e appunto a quelle montagne, contro alle quali sono cacciate le nuvole? e non risultano in certo modo spontaneamente da questa considerazione tante pioggie periodiche? Se si eccettuano i nembi, le procelle e i rovesci, nei quali ad ogni caso l'elettricità ha tanta parte, basta forse per tutte le specie di pioggia il semplice principio, *due masse d'aria inegualmente calde che non sono troppo lontane dal loro punto di saturazione, danno luogo mescolandosi insieme, ad una precipitazione d'acqua.*

2. L'acqua piovana è veramente d'ordinario di pura composizione; ma tuttavia avvengono casi in cui apporta seco materie eterogenee in buon dato. A prova dell'ultima asserzione potrebbero prendersi alcune delle così dette pioggie prodigiose. Tra queste sono:

a) *La pioggia sanguigna.* — Certamente hanno già notato parecchi alcune goccie rosse sulle foglie degli alberi, nelle pareti delle case, anzi sui propri abiti, e gran tratti dello stesso colore sull'acque stagnanti. Qual ricca materia non offrono questi fenomeni all'uomo superstizioso? E pure il fenomeno è naturalissimo. Quando la giovane farfalla rompe la crisalide, suol lasciare alcune

gocciole sanguigne sul luogo del suo antico soggiorno. Anche la colorazione dell'acque stagnanti, particolarmente nelle pozzanghere delle strade è l'effetto d'una causa che c'è da gran tempo nota. Oltre alcuni vegetali, il cui umore radicale rosso si mescola facilmente con l'acqua, le pulci acquatiche comuni, animaletti di una forma al tutto particolare, che pel loro colore rosso, e piccolezza microscopica, come anche per la immensa quantità in cui a certi tempi popolano quelle acque, son desse che possono causare negli ignoranti l'opinione che abbia piovuto sangue. Tuttavia non manchiamo d'esempi di pioggie veramente colorate. Un tal caso avvenne tra gli altri l'anno 1846 a Brusselles. Tuttavia non si tardò molto a riflettere giustamente derivare il fenomeno da materie terrestri volatilizzate nella calda state antecedente, sollevatosi in aria, e mescolatesi con la pioggia. — Un simile esempio ci dà la storia dei nostri giorni. Al 2 novembre 1819 nel pomeriggio tra le 2 e le 3 ore, cadde a Blankemberg in Fiandra, circa un quarto d'ora una pioggia bastantemente forte di colore sanguigno. Come è uso, molti di quegli abitatori la presero per una pioggia effettiva di sangue e come un evento di male augurio; ma un esame più esatto mostrò che conteneva muriato e regolo di cobalto. — Un caso ancora più notevole avvenne al 14 marzo 1813 in alcuni luoghi dell'Italia inferiore. Una oscura nuvola che all'ultimo produsse una tale oscurità, che verso quattr'ore dopo mezzogiorno si dovettero accendere i lumi, spaventò molti. Questa fu da principio sanguigna, ma poi infocata, come ferro rovente. All'ultimo venne una pioggia rossiccia, accompagnata da lampi e tuoni, in cui insieme all'acqua si era mescolata silice, argilla, calce, acido ferrico e carbonico.

b) *La pioggia di solfo.* — Notate bene in primavera se dopo un acquazzone o pioggia procellosa, e nei punti ove l'acqua s'è accolta, voi vedete surnuotare una materia gialla. Tanti ignoranti la tengono per solfo, e parlano seriissimamente di una pioggia solfurea. Per convincervi ch'è tutt'altro che solfo voi non avete che a seccarla, e poi ad accenderla; e voi non troverete nè la fiamma vivace e turchina, nè l'odore forte ed acuto. Del resto onde venga, non è ignoto a nessun attento osservatore. — Udite: vi sono molte piante, p. e. pini, abeti, ontani, avellani, ginepri ecc., che quando il loro polline è lanciato fuori, poi sparso e portato dall'acqua a certi luoghi, possono causare le imaginarie pioggie sulfuree.

c) *La pioggia di grano.* — Per riconoscere la cagione di questa prodigiosa pioggia, volgete il vostro sguardo alle piante di coclearia, che in marzo ed aprile spiegano le loro corolle gialle a sei e a nove

foglie e s'incontrano dappertutto nei giardini, nei fossi, nei prati paludosi ecc. Le loro radici sono quasi affatto denudate di terra, e d'ordinario perfettamente simili ai chicchi di grano. Dilavate da un acquazzone, rasciugate allo splendore del sole, e ad un turbine levate in aria, ricadendo a terra, danno la pioggia che porta seco l'imaginario grano prodigioso, non di rado a quarteruoli, anzi a staia.

Quello che s'è detto della pioggia di sangue, di solfo e di grano, dicasi della pioggia di fuoco, di rane e tante altre. Anche in queste pioggie la bisogna va naturalissima. Se con l'acqua scende contemporaneamente tanta materia elettrica che le gocciole rilucono, voi avete la pioggia di fuoco. Ciascuno conosce inoltre le nostre rane brune e vispe che nei mesi caldi vanno saltando dappertutto nelle selve e giardini, sui prati e i campi. Appunto esse sono che particolarmente dopo una pioggia dirotta lasciano le loro latebre in gran quantità, e fanno credere alle genti d'essere cadute dal cielo sulla terra.

Sopra la pioggia di pietre si dirà più innanzi quello che più importa sapere.

f) *La neve.*

Traendo origine la neve da una nuvola eguale in tutto a quelle che danno la pioggia, è chiaro che una cosa è molto affine coll'altra. Questa simiglianza si mostra ancora più nel suo passaggio allo stato liquido. Ponete or mente ai tre seguenti punti.

1. Come sono innumerevoli i fiocchi di neve, così sono infinite le loro apparenze notevoli. Volendo riconoscere le loro diverse e sempre regolari figure, voi non avete a far altro che raccoglierli, nel rigore del freddo non essendo molto grossi, sopra carta o taffetà nero. Uno sguardo superficiale vi farà conoscere la loro forma radiata. Se gli esaminate più sottilmente, non vi potrà sfuggire che ordinariamente, come ne vedete qui alcuni ritratti (fig. 144) sono composti di sei raggi, disposti sullo stesso piano, e formanti angoli egualmente grandi, ed una elegante stella, da non ammirarsi mai abbastanza. Rade volte compaiono in altra forma. La sublime bellezza e l'infinita moltiplicità di oggetti microscopici, che contengono il regno animale e il regno vegetale, è forse perfettamente agguagliata, se non vinta, dalle diverse forme che la natura ha scolpite nei fiocchi della neve. Non troviamo mai una sola figura, in cui gli aghi di neve si rizzino setiformi, ma piuttosto le belle punte ai due

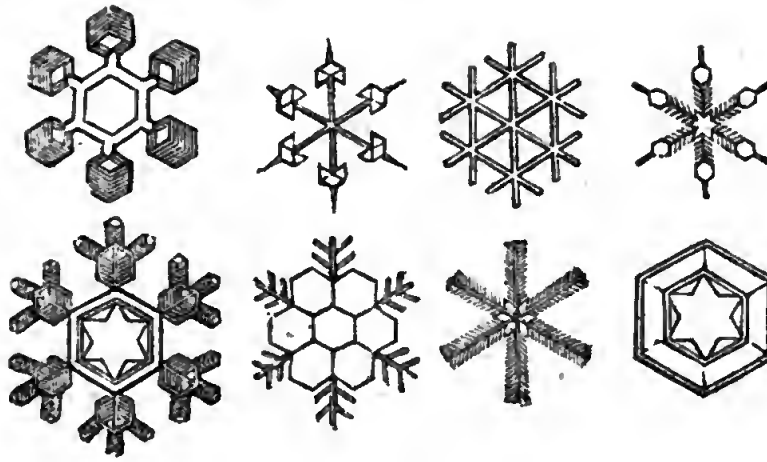


fig. 144

lati degli aghi più grossi sono locati sotto angoli eguali l'uno accanto all'altro con tutta quella regolarità e simmetria, che si palesa nelle parti delicate delle barbe d' una piuma. La forma a sei raggi e a sei lati, che si riconosce a traverso tutta la moltiplicità delle forme, procede secondo tutte le presunzioni (certezza non v'è) dall'elettricità.

2. Come la pioggia, così la neve apparisce talora di color rosso; anzi sulle Alpi ha quasi sempre questo colore. Tuttavia voi errereste a credere che la nave dell'Alpi ritenga la stessa apparenza fino alla superficie della terra, no; alla piccola profondità di 2 a 3 pollici è anzi non meno bianca di quella che sia d' ordinario presso noi. Anche il ghiaccio dei mari polari è bene spesso coperto di neve rossa. Ora considerate che il vento molto facilmente può trasportare diverse materie rosse sull'alte montagne, e che inoltre una specie di gabbiano che vive in immensa quantità sui mari polari, fa escrementi rossigni.

3. La proficuità della neve dipende quasi unicamente dall'essere cattiva deferente del caldo o del freddo. Ahi! quanto sarebbero miseri gli abitatori di quelle regioni, cui preme il verno tanto straordinariamente rigido e lungo, se il Creatore non le avesse coperte sì riccamente di neve! Solo sotto la neve essi cercano quasi sempre il necessario riparo dal freddo gelato. I tugurii degli Eschimali della Groenlandia hanno veramente una intelaiatura di terra e pietre, e sono altresì coperte di pietre; ma il maggior caldo non proviene da esse, sibbene dalle masse di neve, onde sono coperte. Le abitazioni degl'Indiani nelle nordiche regioni del Continente d'America consistono solo di volte di neve.

g) *La grandine.*

Affatto diversa dalla neve apparisce la grandine. Noi distinguiamo la grandine più piccola e più grossa; quella che noi ordinariamente chiamiamo *nevischio* è sempre opaca, bianca come la neve, più rotonda ed ha appena una linea di diametro; questa, che in molti paesi si chiama *gragnuola*, è formata di granelli di ghiaccio, che sono comunemente opachi, ovali, o quasi piriformi, e della grossezza di una nocciuola, d'un ovo di colombo, o anche di gallina. Molte grandini durano un'ora, mutano il giorno in notte, e distruggono tutto quello che colpiscono. Sono particolarmente dannose al regno vegetale. Avanti alla loro caduta, si sente ordinariamente un forte romore nell'aria, cagionato probabilmente dai granelli che si percuotono l'un l'altro.

Noi ci troviamo sempre nell'incertezza sull'origine della grandine; neppure i più dotti fisici conoscono le cagioni che producono improvvisamente nell'aria un sì gagliardo freddo da formare tali granelli di ghiaccio. Pare tuttavia che la grandine consegua la sua perfetta grossezza soltanto nelle basse regioni dell'atmosfera. Essendochè in quella si precipiti acqua dall'aria calda, ricca di vapori, anche l' acqua si raffredda, e rende così i granelli più grossi e terribili. L'elettricità agisce, come nella neve, così anche nella formazione della grandine. Di che è principale argomento il lampo e il tuono che sogliono quasi sempre accompagnare il fenomeno naturale, del quale tenghiamo discorso.

Già è gran tempo che si escogitano i mezzi da impedire lo scoppio della grandine o da renderlo almeno non tanto terribile. Per sventura tutte queste fatiche son rimaste senza frutto. Neanche i così detti paragrandini corrispondono al loro fine. Così p. e. furono nella notte del 22 al 23 luglio 1826 devastati dalla grandine appunto quei vigneti dei cantoni forestali che erano meglio provvisti di paragrandini; mentre altri che n'erano sforniti, e si trovavano nella vicinanza di quelli, restarono illesi. I paragrandini constano di aste diritte, a cui sono legate funi di paglia.

§ 9.

Del calorico specifico.

Nel vaso alla mia sinistra si trova una libbra d'acqua a 24 gradi, in quello a destra una libbra dello stesso liquido a 72 gradi. Io verso subito le due libbre d'acqua in un vaso più grande, e col mezzo del mio termometro cerco la temperatura del miscuglio. Essa è esattamente o quasi esattamente a 48 gradi. Nel replicare la mia operazione, invece dell'acqua a 24 gradi, io prendo olio di trementina di egual calore e dello stesso peso, e lo mescolo nello stesso modo con una libbra d'acqua a 72 gradi. Nonostante tutta la diligenza, che io ho posto nell'esperimento, io non ottengo tuttavia come per innanzi la media tra le due temperature, ma l'aumentato calore di 56 gradi. Ecco una libbra d'acqua a 0 gradi; eccone un' altra a 36 gradi. Succede quello, che voi altresì vi siete certamente promesso; il termometro indica nella mescolanza circa 18 gradi. Il risultato si muta quand'io, p. e., tuffo una libbra di ferro a 36 gradi in una libbra d'acqua a 0 gradi. Sebbene non sia sfuggito punto calorico, tuttavia il termometro sta al presente solo a 4 gradi sopra il punto di congelazione. O meraviglia! quando io mescolai insieme l'acqua e l'olio, ottenni 8 gradi di calore di troppo; quando io immersi il ferro nell'acqua, ebbi 14 gradi di meno. Se qui, come negli esperimenti esposti nei precedenti paragrafi, seguissero cambiamenti nello stato d'aggregazione dei corpi, voi potreste cercarne la causa nel calorico latente e libero. Ma questo non è il caso. Forsechè un terzo esperimento vi condurrà alla causa che qui agisce.

In uno di quei vasi, di cui mi servo pe'miei nuovi esperimenti, e che, notatelo bene, sono d'*identica* specie, io verso acqua; nell'altro vaso verso olio di trementina dello stesso peso e temperatura. Dipoi io li metto ambidue sopra un treppiede, e li scaldo alle fiamme, eguali al possibile, dello spirito di vino. Per sapere sempre in qual grado l'acqua e l'olio di trementina sono cresciuti di calore, io pongo un termometro in ogni vaso. Il principal risultato della mia esperienza consiste in ciò, *che il calore dell'olio di trementina cresce più che il calore dell'acqua; anzi che una libbra d'acqua abbisogna di due fiamme per diventare contemporaneamente tanto calda quanto una libbra d'olio di trementina, sotto alla quale noi nutriamo* UNA SOLA FIAMMA. — Udite inoltre: Nel suo primo esperimento l'acqua perdè 16 gradi; l'olio all'incontro ne acquistò 32; nel mio secondo

esperimento i 32 gradi di calore, ch'erano stati rubati al ferro mediante l'immersione nell'acqua, alzano solo di 4 gradi la temperatura di questo liquido; nel mio terzo esperimento il calore dell'olio di trementina, paragonato con l'accresciuto calore dell'acqua in circostanze perfettamente eguali, crebbe del doppio. Se noi raccogliamo i risultati di tutti gli esperimenti, e consideriamo in pari tempo, che eziandio in altri oggetti si mostrano simili differenze, è impossibile il dubitare *che corpi d'ineguale natura materiale, sebbene abbiano eguale temperatura secondo il termometro, contengano tuttavia quantità assai diverse di calorico.* Per questo rispetto noi attribuiamo a ciascun corpo una peculiare suscettività di calorico, o come diciamo la *sua specifica capacità di calore.*

Ora, qual corpo possiede meno calorico specifico, l'olio o l'acqua? Il primo visibilmente; perchè questo in circostanze per altro perfettamente eguali, vale a dire ad egual peso, e applicando un'egual quantità di calore si scalda il doppio dell' ultimo. Così il calorico specifico del ferro cede di molto all'omonimo calorico dell'acqua. Giusta il suddetto esperimento l'acqua richiede otto volte tanto calore quando deve andare di pari passo con la temperatura del ferro. Anche più mirabile apparisce la seguente differenza di calore. Se io mescolo una libbra di mercurio con una libbra d'acqua, e agito poi insieme i due liquidi, vedo, quando l'eguaglianza è stabilita nella temperatura, il mercurio scaldarsi a 33 gradi, l'acqua all'incontro freddarsi di solo un grado. Le capacità calorifere dell' acqua e del mercurio stanno in conseguenza nel rapporto di 33 a 1. Come misura della capacità del calorico, o per dirlo in altre parole, della facoltà dei corpi a contenere il calorico latente, è fissato una volta per tutte il calorico specifico dell'acqua. Come potremmo noi bene rispetto a ciò segnar la capacità del calorico dell'olio di trementina, del ferro e del mercurio? Con 1|2, 1|8 e 1|33, o con 0,5, 0,125 e 0,0303....

Oltre il mezzo di cui mi sono servito in ciascuno de' miei esperimenti, ve ne sono ancora tanti altri, che mi fanno trovare ora più ora meno presto la capacità calorifera di ciascun corpo. Sopra due io richiamo la vostra attenzione. Col primo mezzo io trovo più esattamente che sia possibile qual quantità di ghiaccio o di neve può fondere un corpo scaldato fino ad una certa temperatura. L'apparato è composto da tre vasi metallici, inclusi l'uno nell'altro, e di cui il vaso più piccolo è tessuto di filo metallico, e destinato a ricevere il corpo da esaminarsi. Sono inoltre importanti lo spazio esterno ed interno che lascian tra loro; ciascuno è pieno di una quantità di neve o di ghiaccio ben trito, per tener lontano dal corpo che si trova

nella rete di filo metallico, ogni azione del calore atmosferico. Anche il coperchio dell'apparato si copre di ghiaccio per la stessa ragione. Tostochè il corpo da esaminarsi è raffreddato fino a 0 gradi, si apre la chiavetta che conduce al secondo vaso o all'interspazio interno, si raccoglie diligentemente tutta l'acqua che sgorga, e dalla quantità d'essa s'induce la capacità calorifera di quel corpo. A maggiore esattezza non si può invero pervenire.

Il secondo mezzo riguarda il tempo, che corpi egualmente riscaldati impiegano per abbassare la loro temperatura fino ad un certo grado. Perciò in un ben brunito vaso di argento si pone oltre il corpo da esaminarsi, anche un termometro per l'osservazione della temperatura. Se è giusto il principio: *le quantità di calorico specifico di due corpi stanno l'una all'altra come i tempi di cui abbisognano a raffreddarsi*, non possiamo dubitare che questo secondo mezzo corrisponde meglio al suo fine che il primo.

Secondo esatti esperimenti, che alcuni hanno instituito sopra questo punto, il calore specifico dell'oro aggiunge forse a 1|32, dell'argento a 1|18', del rame 1|10' del ferro 1|8', del vetro 1|3', dell'aria atmosferica 1|4, dell'acido solforico 1|3, dell'acido nitrico 2|3, dell'olio di lino e di trementina 1|2, del vapore d'acqua 4|5, dell'acqua, presa per unità di misura 1, del gas idrogeno sopra 3, ecc.

§. 10.

Le macchine a vapore.

Le macchine a vapore sono l'orgoglio e il sommo della nostra odierna meccanica. Veramente io già vi ho fatto motto di queste maraviglie; ma finora non s'è parlato nè della loro forza, che ricevono per l'elasticità del vapore acqueo, e di cui siamo pienissimamente padroni, nè dell'immenso sviluppo che per esse ebbero recentissimamente il commercio e l'industria. Quanto segue ve ne farà chiari.

I primi esperimenti importanti sopra la dilatazione dei vapori acquei furono instituiti da *Samuele Moreland*, che fiorì principalmente nell'ultimo quarto del secolo decimosettimo. Giusta le sue osservazioni e calcoli, i vapori occupano uno spazio 2000 volte maggiore, che l'acqua, donde nascono. Ad un altro pensatore di quel tempo, *Dionigi Papin*, noi dobbiamo i reali, sebbene ancora

assai imperfetti, principii di una macchina a vapore. Egli adoperava ne' suoi esperimenti un cilindro fatto di ferro fuso, di parecchi piedi di diametro, e d' un' altezza corrispondente, e in cui uno stantuffo, che toccava in ogni punto la parete a perfetto incastro, era mosso su e giù. Il modo d' agire di questo apparato ne lo mostra la figura 145.

Il tubo è largo circa un pollice, e munito all'estremità inferiore di una palla, che contiene un poco d'acqua; lo stantuffo *p*, rinvoltato di stoppa, e oltracciò impiastrato di grasso perchè non lasci alcun passaggio all' aria tra sè e il tubo. Ora figuratevi che lo stantuffo si trovi appunto nell'estremità inferiore del tubo, e l'acqua della palla sia posta in istato d' ebollizione. « Non dee allora in forza del vapore che s'è svolto esser sollevato in alto? » Figuratevi ora che quando lo stantuffo è salito in su, s'immerga la palla nell' acqua fredda, e pertanto si condensino i vapori, e si generi nel cilindro uno spazio rarefatto: « Che altro mai può accadere, se non che esso, sul cui piano superiore s'aggrava la pressione dell'aria atmosferica, debba tornarsene a basso? » *Ogni nuovo riscaldamento della palla lo spinge in alto; ogni nuovo raffreddamento di lei lo richiama per così dire alla base del tubo.* Ond'è chiaro, che Papin, il quale ha instituito i suoi esperimenti al tutto nel modo descritto, creò la prima *macchina a vapore a pressione atmosferica*, vale dire tal macchina, in cui i vapori facevano solo una parte subalterna, in quanto la pressione era la forza veramente attiva, ed essi solo dovevan fare il vuoto necessario.

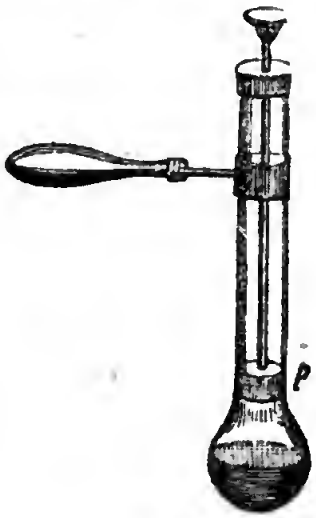


fig. 145

Come poi un sì semplice meccanismo sia atto a sollevare diversi pesi, in quanto la corda, a cui sono stati fissati può esser passata sopra una puleggia, e legata a mezzo dello stantuffo *p*, vi è chiaro; onde non fa mestieri che io entri in alcune spiegazioni su questo punto.

La prima macchina a vapore applicabile fu costrutta l' anno 1688 (altri assegnano l' anno 1698) dal capitano *Savary*, ed egli palesò al popolo il suo meccanismo nel suo scritto l'*Amico del Minatore*. Che sia possibile, 1. per virtù del vapore sollevar l'acqua sopra la sua superficie primitiva era già stato dimostrato in una delle sue opere l'anno 1615 da un certo *Salomone de Caus;* e 2. che

mediante il vapore si potesse creare uno spazio vuoto, per lo meno assai rarefatto, in quanto non si aveva che a condensare, era stato già dimostrato evidentemente dagli esperimenti di Papin. Il capitano Savary si valse dell' uno e dell' altro. Per dimostrarvi in qual modo egli l' abbia fatto, io vi fo osservare un apparato, di cui vedete qui vicino la figura 146. Notatevi ora, 1. il *recipiente* che in parte è pieno d'acqua e turato con un sughero; 2. il *tubo b* che attraversa solo il sughero, ma non passa nel recipiente, si ricurva superiormente, e scende poi verticalmente al disotto; 3. il *tubo c*, che si leva verticalmente, è un poco ricurvo proprio in cima, e tocca quasi la base del recipiente. Tutte le tre parti sono di vetro.

fig. 146

Nell'esperimento si chiude prima il tubo *c*, e si comunica il calore d'ebollizione all'acqua che è nel vaso col mezzo di una lucerna ad alcool. Nell'istante che comincia a bollire si svolgono vapori; questi si sollevano, sfuggono pel tubo *b*, e se ne portano seco tutta l'aria, che incontrano per cammino. Dipoi s' immerge nell' acqua l' estremità inferiore del tubo *b*, e si rimuove la lucerna ad alcool dal vaso. Subito i vapori cominciano a condensarsi nel vaso l'acqua sale in *b* sempre più alta, perchè la pressione di sopra si fa minore, e sgorga finalmente nel vaso. Da ultimo si tura con un sughero l'estremità inferiore del tubo *b*, si apre il tubo *c*, e si pone di nuovo sotto il vaso la lucerna ad alcool. Mentre i vapori, che si formano nella parte superiore del recipiente non possono sfuggire, premono con forza la superficie dell'acqua e fanno sì che l'acqua sale nella canna *c*, e all' ultimo esce superiormente. Volendo trarre sempre più acqua dal fondo per mezzo di *b* tubo aspirante, e di *c* tubo d' ascensione, non occorre altro che raffreddare e scaldare a vicenda il recipiente.

Essendochè la macchina di Savary non bastava a vuotar l'acqua dei fossi, *Newcomen*, pure inglese, fu mosso alla costruzione di una macchina, simile veramente alla descritta, ma incomparabilmente più atta. Ed ecco: appunto questa macchina contiene, per quanto abbia in sè poco di nuovo, la forma fondamentale di tutte le successive macchine a vapore, e fu usata anche gran tempo con non poco vantaggio. Indicatemi ora nella figura 147 che ve la rappresenta prima che io ne dica in qual maniera agisce: 1. la

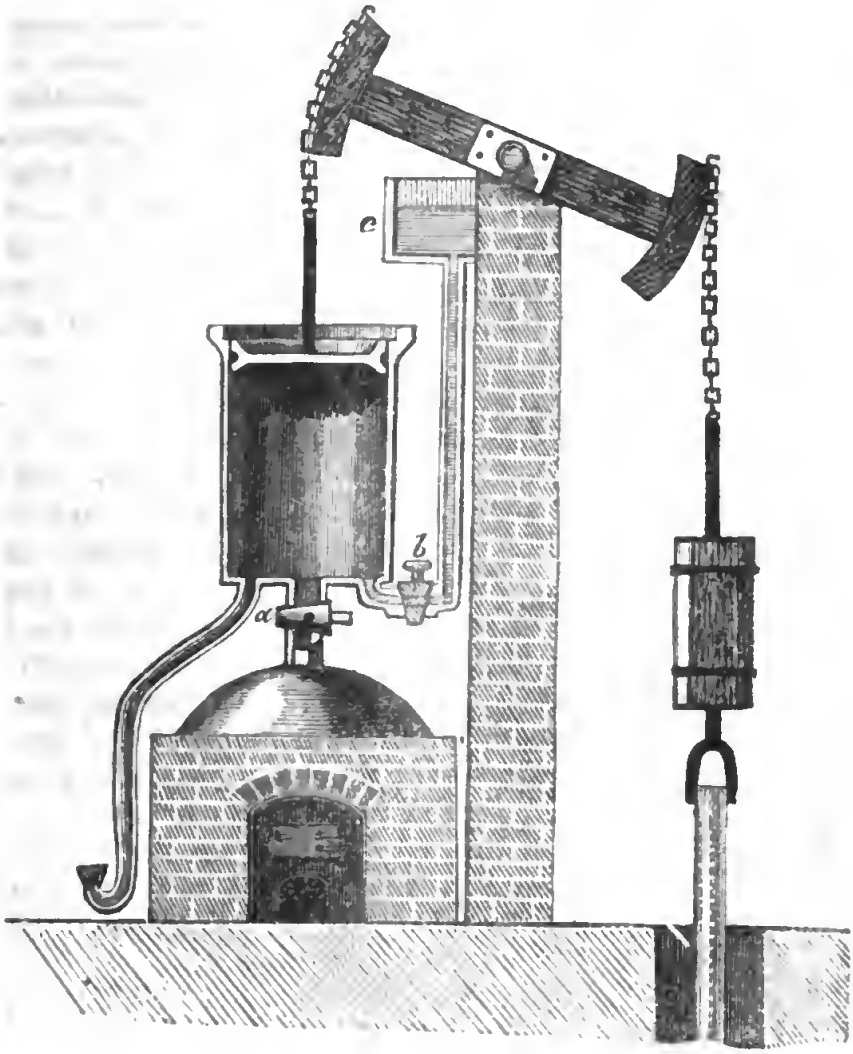


fig. 147

caldaia il cui fondo è costruito in modo da essere equabilmente riscaldato; 2. il *cilindro*, in cui si muove su e giù uno stantuffo che lo empie esattamente (esso tiene nella figura il più alto posto); 3. il *tubo* tra la caldaia e il cilindro; 4. la *chiavetta a*, col cui aiuto noi possiamo interrompere e ristabilire a piacere la comunicazione tra le due parti principali; 5. il *recipiente c*, che contiene sempre acqua e si connette mediante un tubo al cilindro, nella cui base imbocca; 6. la *chiavetta b*, che sta tra *c* e il cilindro appunto come la chiavetta *a* rispetto a questa parte principale, e alla caldaia della macchina; 7. il *bilanciere* o il *gran braccio della bilancia*, di cui una catena è fissata allo stantuffo del cilindro e l'altra all'asta dello

stantuffo di una tromba; finalmente, 8. il *tubo f*, la cui estremità inferiore s'immerge in un vaso d'acqua, ed ha una valvula che si apre solo dalla parte esterna. Come il vapore che si è svolto nella caldaia solleva lo stantuffo; come poi, quando *a* è stato chiuso, e *b* aperto, l'acqua fredda esce di *c* e va nell'interno dello stantuffo; come finalmente quando quest'ultima ha condensato i vapori nel cilindro e pertanto ha prodotto uno spazio vuoto al possibile, la maggior pressione dell'atmosfera spinge a basso lo stantuffo, tutto ciò non ha bisogno di spiegazione perchè emerge dall'ispezione del precedente apparato. Degno di speciale nota nell'apparato di Newcomen è il *bilanciere*. Per conoscere come agisca, volgete lo sguardo principalmente al moto che gli comunica *da una parte* lo stantuffo nel cilindro, e dall'altra, quando questo cioè si solleva in alto per virtù del vapore acqueo, il peso dell'asta della tromba. « In generale non è così come se alcuno cavasse fuori acqua di una tromba aspirante? » Considerate solo con cura, che i vapori d'acqua spingono veramente lo stantuffo all'insù, ma non esercitano il menomo influsso sul bilanciere in grazia della catena flessibile. Lo scopo del tubo *f* è duplice: 1. deve spingere fuori l'acqua che al sollevarsi dello stantuffo è fortemente premuta dai vapori; e 2. impedire che essa, quando la pressione atmosferica ha il disopra, entri di nuovo nel cilindro. Quanto apparisce importante la sua valvula per questo rispetto!

La quantità d'acqua, che dev'essere sollevata ad ogni alzamento dell'asta, dipende dalla grandezza dello stantuffo. Volendo calcolare il suo peso voi non avete che a ricordarvi, che l'atmosfera preme altresì lo stantuffo della nostra macchina con una forza di circa 15 libbre per un pollice quadrato. Tuttavia nel cilindro non si forma mai un perfetto vuoto. Voi avete pertanto a detrarre sempre qualcosa dal peso che dà il vostro calcolo. — Ora voi sapete come la macchina di Newcomen fu costrutta, e che la regolarità della sua azione dipendeva rigorosamente dall'esatto aprire e chiudere delle chiavette *a* e *b*. Newcomen la costrusse nel 1705.

Dopo Newcomen forse nessun meccanico fu più famoso che *Jacopo Watt*, il costruttore della prima vera macchina a vapore. Quest'uomo nato nel 1736, e morto nel 1819, era nel vero destituto di profonde cognizioni fisiche, e inoltre tanto povero che dovè fare le sue prime esperienze con due fiale; ma un tal genio meccanico ch'egli non solo scoperse subito i difetti delle macchine atmosferiche usate fin allora, ma seppe anche ottimamente rimediarvi. Molteplici considerazioni di una macchina di Newcomen, ch'egli l'anno 1763 aveva avuto ad aggiustare all'università di

Glasgow, lo convinsero finalmente, che in essa, mentre l'afflusso dell'acqua fredda raffreddava il cilindro, si sprecava inutilmente una gran quantità di calorico. Egli meditò giorno e notte come potesse tor via i riconosciuti difetti; fece reiterati esperimenti, e venne all'ultimo nel felice pensiero, di operare la condensazione del vapore in un recipiente speciale, il *condensatore*. Così fu dato il primo passo nella luminosa carriera, che fece immortale il suo nome. In qual modo operasse il condensatore separato, vi può esser chiaro dalla fig. 148; *a* e *b* rappresentano due piccole palle, che, come tutti quasi questi pezzi, son fatte di cristallo, piene d'un poco d'etere, e turate al disopra con un sughero; inoltre *c* e *d* due tubi, di cui il primo mette in reciproca comunicazione *a* e *b*, e l'altro ripiegandosi va direttamente a basso. Noi circondiamo le due palle d'acqua calda. Tosto l'etere comincia a bollire; i vapori, che se ne formano, fuggono e portano seco l'aria dall'apparato. Ora attuffiamo l'estremità inferiore del tubo *d* in una bacinella piena di mercurio, e togliamo in pari tempo ai recipienti *a* e *b* la loro sorgente di calore. « E che ne succede? » Le palle *a* e *b* ricadono grado grado alla temperatura dell'aria esterna; i vapori nell'apparato, solo però fino ad un certo limite, perdono di elasticità, e il mercurio in *d* sale fino ad una certa altezza.

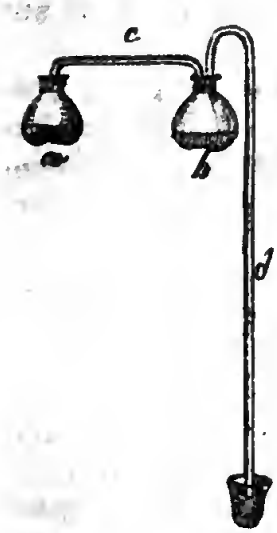


fig. 148

Replichiamo il nostro esperimento. Noi ottenghiamo il riscaldamento di *a* e *b* al tutto nel modo precedente; tuttavia nel raffreddamento noi facciamo astrazione al tutto da *b*, e portiamo solo la palla *a* in acqua di assai più bassa temperatura. Ed ecco: il mercurio nel tubo *d* s'alza tanto appunto quanto la prima volta, e ci dà l'importante principio: *la forza dei vapori decresce sotto le indicate circostanze appunto come se tutto l'apparato fosse stato raffreddato allo stesso grado*. Se voi da ultimo sapete ancora, che qui la palla *a* fa la parte di un condensatore, vi devono riuscire abbastanza chiare le cose più principali, di cui io ho ancora a dirvi sulla macchina a vapore. Ora guardate bene la fig. 149, o il disegno di quella macchina a vapore, che *Jacopo Watt* si vide innanzi dopo successivi perfezionamenti.

La caldaia della macchina (nel disegno non si trova) è ordinariamente di ferro, e rare volte di rame, ed ha così un fondo concavo, intorno a cui scherza la fiamma, come anche una valvula

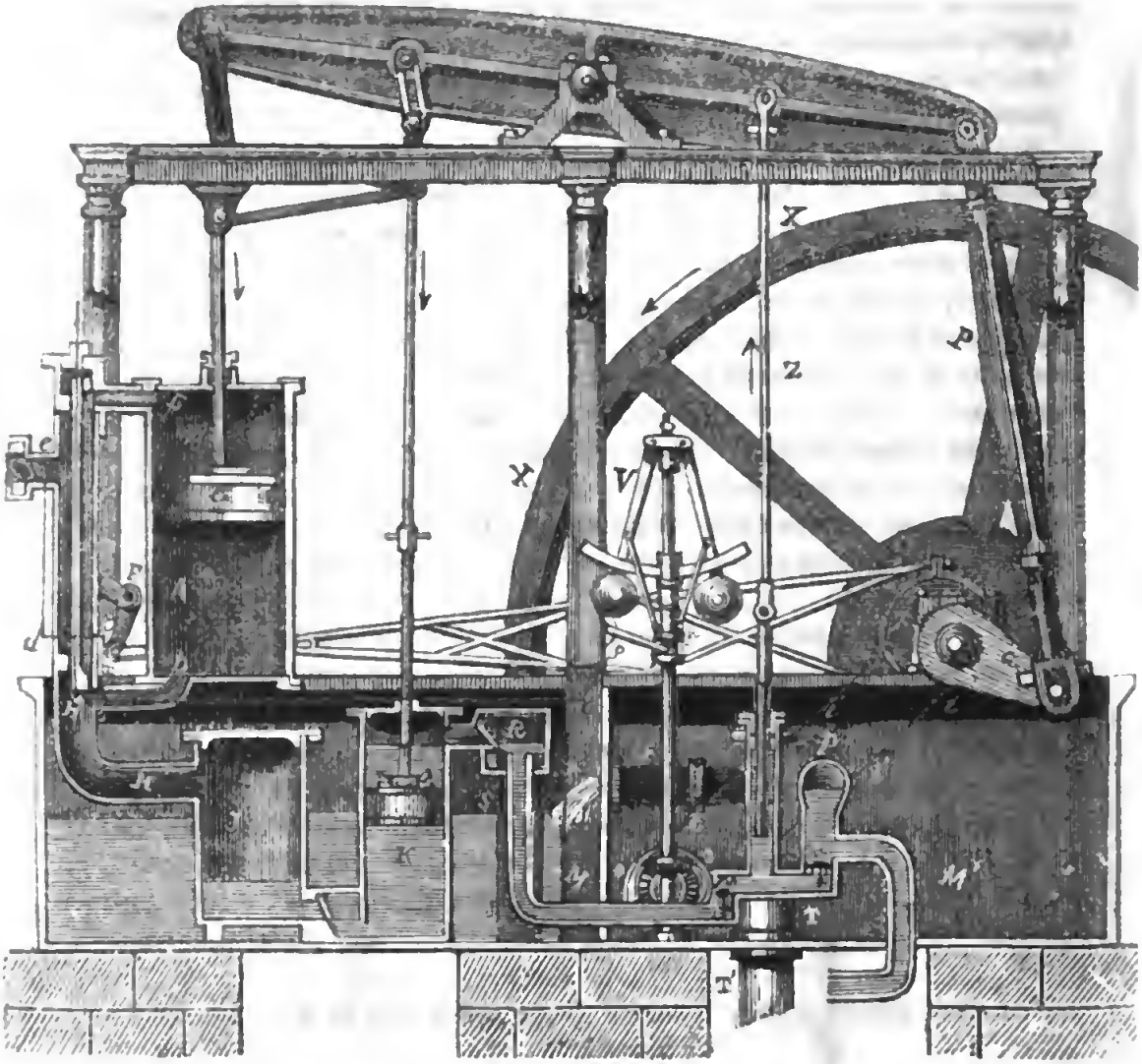


fig. 149

di sicurezza, che rispetto al grado, a cui deve elevarsi l'elasticità del vapore, è più o meno caricata. Per mantenere l'evaporazione in un andamento equabile, vi s' infonde replicatamente l' acqua calda di un piccolo recipiente (come questo avvenga, voi lo saprete più innanzi). « Che ci mostra adunque l'annessa figura? » 1. il *cilindro* A, che nella macchina di Watt è chiuso ermeticamente sopra e sotto, e non lascia pertanto che l'aria atmosferica prema menomamente lo stantuffo C; 2. il *tubo* Z, che conduce il vapore dalla caldaia nella macchina propriamente detta in generale e le due aperture E e D, di cui l'una E lo conduce nella parte supe-

riore del cilindro, l'altra D nella parte inferiore di lui, e sempre alternativamente; 3. il *condensatore* J, che è destinato a ricevere e a condensare il vapore che esce in D alla parte inferiore del cilindro passando pel tubo H; 4. la *tromba* K, che leva non solo l'acqua, ma anche l'aria dal condensatore, e si chiama pertanto *tromba ad aria;* come all'ordinario l'acqua che si trova nella caldaia, quando viene a bollire, lascia sfuggire tutta l'aria che ha per così dire assorbita; 5. il *serbatoio* R, dove la tromba K porta l'acqua, e donde ell'esce in parte pel tubo S, in parte per un altro tubo M arriva alla tromba (fig. 149); 6. *questa tromba con la sua asta* Z *e le due valvule* v ed *n* (Z sta in comunicazione col bilanciere, come nella macchina di Newcomen; *v* inoltre s'apre all'alzarsi dello stantuffo; *n* per contro al suo abbassarsi); 7. il *tubo* M', che è destinato a trasportar l'acqua per mezzo della tromba ultimamente mentovata fino alla caldaia. Prima che io continui la dimostrazione delle parti, imprimetevi in mente i seguenti punti:

Tra tutti i congegni, mediante i quali noi possiamo introdurre il vapore ora nel condensatore, ora sopra, ora sotto al cilindro, sono di speciale momento la chiavetta a quattro fori e la valvula a cataratta. La prima, che tuttavia non si trovò applicabile nelle grandi macchine, è forata come voi lo vedete figurato (fig. 150 e 151). Presupponendo che nella situazione che la mostra la prima

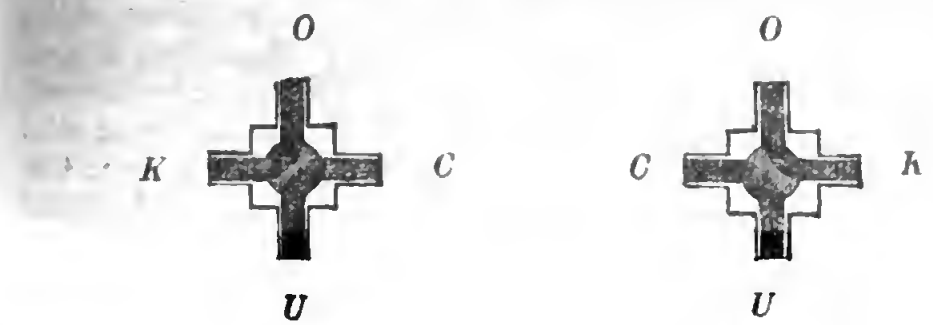


fig. 150 fig. 151

figura, il tubo K meni alla caldaia, C al condensatore, O alla parte superiore ed U alla parte inferiore del cilindro, è manifesto che il vapore deve passare dalla caldaia nella parte superiore del cilindro, e spingere al basso lo stantuffo, perchè la sua parte inferiore comunica col condensatore mediante i tubi U e C ed appunto per ciò non esercita più alcuna contropressione. Quando lo stantuffo ha raggiunto la sua più bassa posizione, la chiavetta a quattro fori facendo un quarto di giro prende una tal posizione (fig. 151) che il

vapore arriva dalla caldaia alla parte inferiore del cilindro, e spinge ad alto lo stantuffo, perchè ora i tubi O e C conducono al condensatore il vapore della parte superiore del cilindro. Incomparabilmente migliore che la chiavetta a quattro fori è la valvula a cataratta. Voi l'avete qui in grande e in due diverse posizioni (fig. 152 e 153). I tre tubi *e*, E e D vi son già noti abbastanza dalla figura principale; lo stesso però non può essere del serbatoio, in cui il vapore arriva primamente a traverso *e*. Notate da prima in esso i tre spazi *m*, *a'* ed *a*. Il primo, vale a dire il medio, è separato totalmente da *a'* e *a* mediante un tiratoio F; ma *a'* è posto in comunicazione con *a* mediante la cavità della stessa cassa. (Quand'ora fluisce il vapore da *m* a traverso E nella parte superiore del cilindro, quando poi a traverso D nella parte inferiore?) Se la valvula del tiratoio ha la posizione della fig. 152, avviene il primo caso, se ha la posizione della figura 153 avviene il secondo. Chi vuol finalmente figurarsi come gli spazi *a'* e *a* stiano in comunicazione anche col condensatore, non trova più niente che abbia bisogno di spiegazione in questa parte della macchina a vapore di Watt. Il condensatore s' attuffa in un vaso d' acqua fredda; l' apertura, per la quale essa fluisce costantemente entro a quello, non si trova indicata nella nostra figura.

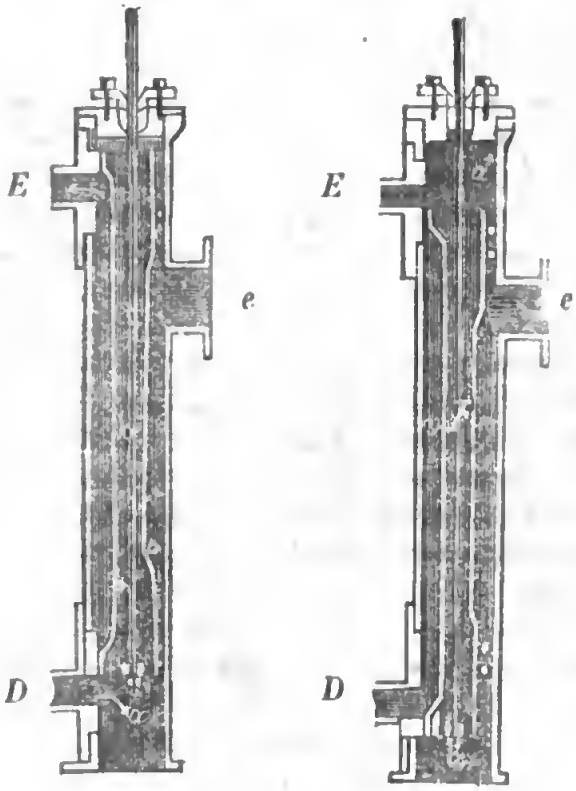


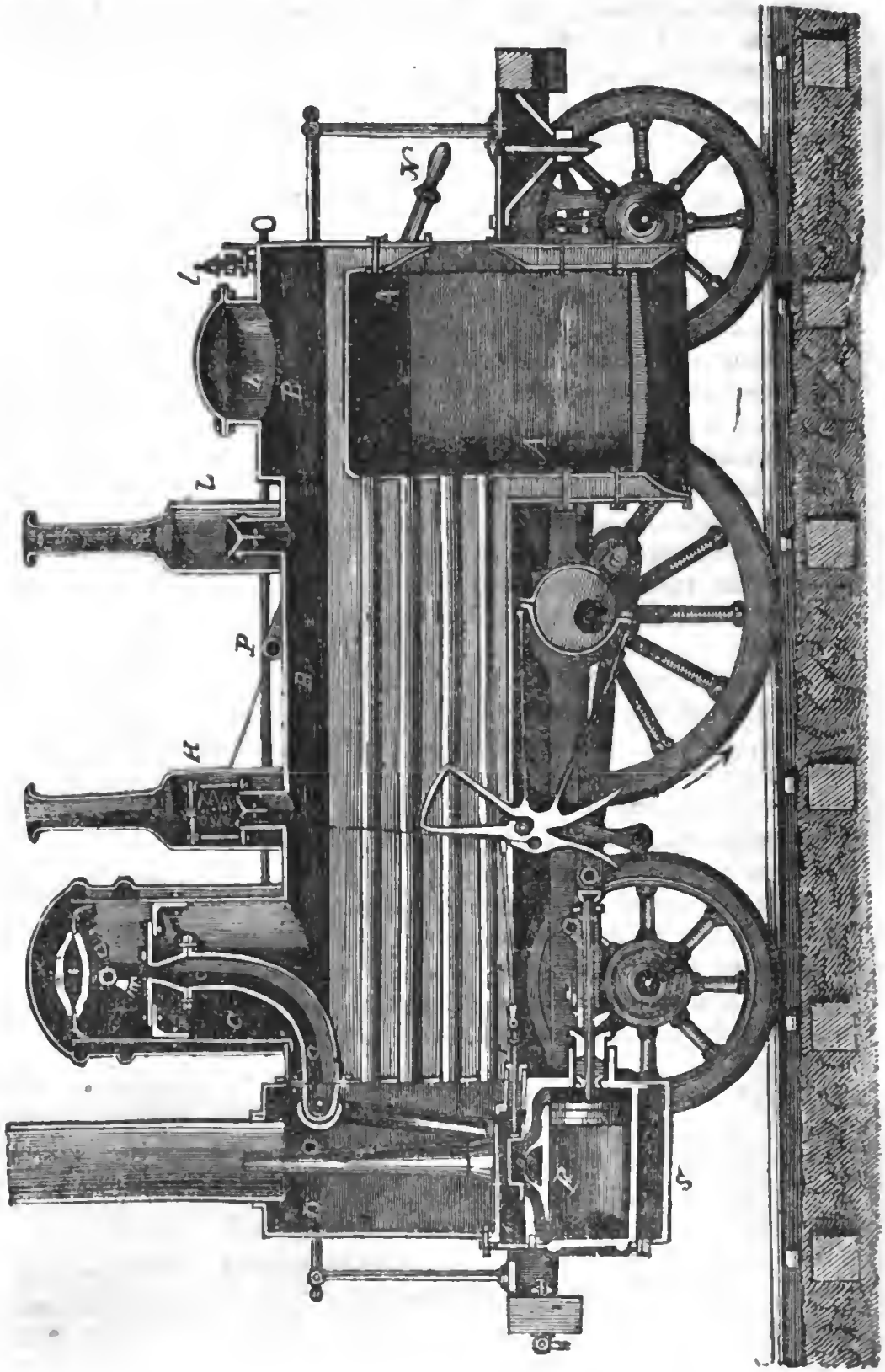
fig. 152 fig. 153

Oltre le parti che vengono in considerazione nel modo d'agire del vapore, che voi già avete imparato a conoscere, ve n'ha altre, che si riferiscono al modo di metterle in azione. Onde v'insegna la qui aggiunta figura, che l'asta dello stantuffo, come pure l'asta della tromba del condensatore, non può essere fissata immediatamente al braccio del bilanciere; perchè descrivendo ciascun punto

di questa gran leva un arco di circolo intorno al suo punto di rotazione, ne verrebbe uno sforzo tendente a spingere l'asta dello stantuffo ora un poco a sinistra, ora un poco a destra, e l'effetto ultimo sarebbe la rottura dei pezzi implicati nell'azione. Jacopo Watt accozzò pertanto alcune verghe mobili (portano ordinariamente il nome di *parallelogramma)* che per la loro azione compensano la mancanza di direzione verticale nel moto del bilanciere. Osservate da ultimo la *ruota motrice* X e il *regolatore* V. Voi sapete in qual modo si operi il movimento in alto e in basso del bilanciere; ma voi non sapete che la biella di P e la manovella G si muovono in un movimento costante circolare. L'asse della manovella G, resta indubitatamente l'asse principale di tutta la macchina. Il regolatore V consta di un'asta verticale, che si trova in un movimento continuo, e porta in cima due verghette metalliche che girano liberamente a cerniera l'una appresso all'altra e formano superiormente un parallelogramma ora più ora meno aperto. Questo dimostra sempre l'andamento più veloce, o più lento della macchina e lo regola. Io tralascio qui altre cose troppo difficili per voi.

Se voi vedeste una volta in azione una macchina a vapore del genere che io v'ho descritto, vi sarebbe chiaro, che l'apparato di condensazione occupa uno spazio tanto grande da non poter confidarsi di far camminare una tal macchina. Ma fu sempre desiderio degli artefici e d'altri di possedere macchine di un peso incomparabilmente più piccolo, vale a dire potersi valere della forza motrice del vapore anco in un piccolo spazio. Ed appunto questo desiderio li condusse al pensiero di costruire le così dette *macchine a vapore ad alta pressione*, nelle quali oltre l'apparato di condensazione, manca anche lo spazio vuoto sotto allo stantuffo, e nelle quali questo si abbassa soltanto mediante una pressione che supera solo un poco la contropressione dell'atmosfera. Essi ottennero la pura forza solo dopo levata la resistenza atmosferica. Quantunque io non voglia ora dimostrarvi i servigi immediati che si traggono dalle macchine ad alta pressione nelle fabbriche, dove possono adattarsi facilmente ad un determinato apparato meccanico, non posso nondimeno lasciare di farvi conoscere in qualche modo il loro meccanismo, e lo fo descrivendovi in brevi parole la *locomotiva*, una delle macchine più interessanti ad alta pressione, quale si usa sulle nostre ferrovie. La bella figura nella pagina seguente ve la dimostra.

Di speciale importanza nella locomotiva sono: 1. Nelle ruote di dietro, il *fornello* A, nella cui graticola sono gettati i carboni per l'apertura *a*, e ch'è circondato d'acqua per ogni parte; 2. *Parecchi*



Digitized by Google

tubi, posti orizzontalmente, e che per uno spazio pieno d'acqua portano a D l'aria scaldata in A; 3. *I ricettacoli* B e C, destinati a ricevere e raccogliere la rilevante quantità di vapore che si forma ad ogni istante, 4. *Il tubo c*, che si divide in due altri tubi (nella figura si vede solo l'un tubo *d*), che portano il vapore al serbatoio *i*, donde esso va ora all'uno, ora all'altro lato del cilindro; 5. Quei cilindri F, che stanno orizzontalmente ai due lati del carro, i cui stantuffi ed aste di stantuffo vanno e vengono del pari in una direzione orizzontale (la figura vi mostra nella sezione longitudinale, solo il cilindro anteriore col suo serbatoio), 6. *Le valvule di sicurezza* H e L, il *cammino* sopra D (conduce ora l'aria riscaldata e il fumo) ed una gran *leva*, che ha il suo braccio in N e il suo punto d'appoggio in P. Non avendo intenzione di dimostrarvi il modo d'agire d'una macchina sì preziosa, io ne tralascio quella parte, di cui voi stessi con grande fatica non potreste pur farvi un chiaro concetto. I *piroscafi* sono costrutti nello stesso modo che le locomotive. La macchina di questi navigli è comunemente posta nel mezzo e mette in moto ai due lati certe ruote a pale che somigliano alle ruote ad acqua dei molini che hanno la gora in fondo; nei sistemi moderni si applicano quasi sempre due cilindri ed anche quattro.

Già fin dall'anno 1807, Roberto Fulton americano del Nord, costrusse un gran naviglio, sul quale egli con un carico di 160 tonnellate, percorse in 32 ore 120 leghe di mare. Appresso alle locomotive ed ai piroscafi sono importanti i cannoni a vapore. Ricordatevi prima della costruzione dei fucili a vento, e in luogo del noto magazzino ad aria, ponete un apparecchio per la produzione del vapore; supponete poi che sia fornito d'acqua, tanto riscaldata, che libera da ogni pressione si converte instantaneamente in vapore d'immensa elasticità; e voi avete dinanzi un instrumento, che possiede non poca somiglianza con un cannone a vapore. Il primo esperimento di servirsi del vapore invece di polvere fu fatto da un certo Perkins.

SEZIONE SETTIMA.

La Luce.

---

§. 1.

Cenni sopra la luce in generale.

Ancora regna la notte; ancora è buio intorno a noi; ancora noi non vediamo la mano, che altri ci agita avanti agli occhi. Desiosi aspettiamo il mattino. Comincia al albeggiare; il cielo rosseggia in oriente; di secondo in secondo si fa più chiaro; finalmente appare il sole co' suoi raggi che ricreano e rianimano il tutto. Ora primieramente ci allegriamo dell'ameno boschetto di faggi, nel quale ci avvolgiamo; del mormorante ruscelletto, che serpeggia ai nostri piedi; del robusto coltivatore, che con gagliardo braccio conduce l'aratro, e canta un lieto cantico mattutino al suo Creatore, conservatore e rettore della vita. — Le ore del giorno sen volano; il sole si piega pian piano al tramonto; di secondo in secondo è più scuro; finalmente ci sopraggiunge la notte per la seconda volta, e ricorda al nostro animo tutto l' orrore della prima. Ma tuttavia quanto questa notte è al tutto diversa! Appena è cominciata, e già l'amabile luna si mostra in tutta la sua bellezza, e piccole stelle scintillanti in numero infinito ci guardano dalla loro vertiginosa altezza. Veramente non è punto sì chiaro come al trascorso giorno, ma noi tuttavia riconosciamo le cose che ci sono vicine; non siamo almeno ristretti al solo tatto. Noi abbandoniamo l'aperto cielo, e torniamo nelle nostre case. Ed ecco: noi troviamo in cucina la lucerna accesa, nella camera la fiammeggiante luce dei ceri. Ahimè! Qual dolorosa vita farebbe l'uomo se non possedesse questi mezzi! Le lucerne e le candele allungano in certo modo i giorni della sua vita; gli rendono la notte meno spaventevole; e rappresentano, sebbene in un grado minore, il sole e gli innumerevoli eserciti di stelle del firmamento. E come si comportano

Digitized by Google

in fine il legno putrefatto, i fuochi fatui, e le stelle cadenti? come poi le nostre lucciole o le americane acudie, le meduse sulla superficie, e molti pesci nella profondità del mare? Come finalmente il meraviglioso principio, che lampeggia nelle nuvole, e sgorga abbondevolmente sotto il taffetà incerato d'una macchina elettrica, quando i dischi sian confricati al guanciale? — Anch'essi illluminano spazii or maggiori or minori; anch'essi ci pongono in grado di scorgere gli oggetti, che ci circondano per mezzo della vista! — Ora imprimetevi bene in mente principalmente quanto segue:

1. Noi non possiamo rispondere con sufficiente precisione alla domanda, *donde viene che i corpi vengono illuminati per mezzo del sole, di molte stelle, della luce delle lucerne e delle candele, della materia elettrica*, ecc. ma si trovano sopra questo punto ipotesi, contro alle quali ci è poco da opporre. Io richiamo la vostra attenzione solo sopra due. Scienziati antichi supposero esservi una speciale materia luminosa, che effluisca da tutte le cose e tocchi finalmente i nostri occhi. L'ipotesi che porta il nome di *teoria della emanazione* o *emissione* è stata al presente abbandonata da quasi tutti i fisici, perchè quasi ciascuna nuova scoperta fatta in questa materia, ha resa necessaria una moltiplicazione delle proprietà della luce. Il suo autore è Newton. Giusta la *teoria dell'ondulazione o vibrazione*, seguita ora dagli scienziati, le particelle di un corpo luminoso si trovano in istato di vibrazione costante, e causano pertanto un'ondulazione dell'etere, fluido straordinariamente sottile, elastico, perfettamente trasparente, che noi supponiamo penetri tutto l'universo. Appunto queste oscillazioni si propagano fino alla retina dell'occhio, e vi causano quella rappresentazione, che noi chiamiamo *vedere*. Io avrò a dimostrarvi parecchie volte quanto facilmente quasi tutti i fenomeni della luce si spieghino secondo la teoria della vibrazione. La diversità dei colori dipende p. e. dall'ineguale lunghezza delle vibrazioni dell'onde luminose appunto come ogni diversa durata delle vibrazioni dell'aria produce diversi toni. Ma non scambiate le ondulazioni dell'aria con le vibrazioni dell'etere. Queste ultime si distinguono per la loro grandezza, direzione e celerità. La teoria della vibrazione si dee principalmente a Leclerc e a Descartes.

2. Tutti i corpi, che possiedono la proprietà di metter l'etere continuamente in movimenti vibratorii, noi li chiamiamo *luminosi*; ad essi si contrappongono gli *oscuri*, che divengono visibili solo per ciò, che riflettono le onde luminose di qualsivoglia corpo luminoso. — Il corpo luminoso di maggiore importanza per noi è il

Digitized by Google

sole. Oltre il sole e ogni altra stella fissa (secondo Herschel, vi sono stelle fisse con luce verdognola, turchiniccia, e violacea) la luce di candela, le fiamme splendono più chiaramente, quando si trovano in esse materie che ardono (*); il fosforo, molte materie animali e vegetali in putrefazione, lo spato fluore e il diamante leggermente riscaldato, i fuochi fatui, e le stelle cadenti, parecchi insetti, e la luce elettrica dei corpi luminosi.

Non è ancor deciso se noi dobbiamo mettere in questa categoria gli occhi di alcuni animali p. e. delle gatte e delle tigri (gli occhi delle tigri rilucono circa 30 passi lontano, e illuminano un corpo per un piede e mezzo). Che i corpi, i quali come le lucciole, il legno in putrefazione e simili, posseggano una debole luce, risplendano solo nell'oscurità, non dee farci meraviglia; perchè la loro luce è vinta in certo modo dalla forte luce del sole. — « Sapete voi ora anche perchè le stelle non rilucono di giorno? » Finchè un corpo originariamente opaco riceve luce, egli si comporta al tutto come un corpo luminoso, e può pertanto illuminare anche altri corpi. La luna ne dà la prova più cospicua. Se noi togliamo qualunque corpo oscuro all'azione della luce, od esso perde la sua prima chiarezza, o ad un tratto risplende ancora certo tempo con una luce sempre più fioca. I corpi dell'ultima qualità si dicono *fotofori*; ad essi appartengono molti diamanti, il solfuro di calce, i gusci d'ostrica arroventati, ma particolarmente la pietra di Bologna (detta così dal luogo ove si trova) che dolcemente infuocata, ed esposta poi ai raggi del sole, non perde subito la proprietà illuminante, che l'è stata comunicata. Eccettuando gli oggetti perfettamente neri, il cui numero per altro è assai piccolo, non v'ha forse alcun corpo in cui non si potesse notare il riverbero in un certo grado, sebbene per lo più in un grado estremamente piccolo. Lo zucchero che noi pestiamo, il gesso che noi tritiamo in un crogiuolo riscaldato, il cristallo che arruotiamo al modo ordinario, ecc. fanno abbastanza fede di quanto io dico.

3. *Spesso alla luce va congiunto il calore, e spesso no.* — Come si comporta in questo rispetto la luce delle lucerne e delle candele? Come i diversi corpi combustibili? come le lucciole e le acudie? come il legno in putrefazione, la materia elettrica, e la luce del sole? È assai verosimile che la luce del sole ecciti nell'aria, e in quei corpi, che per la sua immensa celerità percuote sì fortemente,

(*) Tra tutti i corpi ardenti riluce fortissimamente la calce in una fiamma di gas ossigeno ed idrogeno; onde s'impiega spesso nei fari, microscopii, e per segnali.

Digitized by Google

solo più o meno calore. Ad ogni caso i fenomeni della luce e quelli del calorico devono esser distinti gli uni dagli altri. Del resto che nel forte calore si sviluppi ordinariamente anche luce, lo provano quei corpi che confricati insieme, passano allo stato d'arroventamento, o di combustione propriamente detta. La luce diretta possiede non di rado un maggior grado di calore, che quella ch'è riverberata da qualsivoglia superficie levigata.

4. *L'azione della luce, e specialissimamente quella del sole, è assai rilevante sui corpi organici.* — Paragonate, dandovesene l'occasione, una pianta che cresce nell'oscurità con un'altra che s'allieta della luce del sole; quanto debole e scolorita apparisce la prima! quanto robusta e d'un gradevole verde la seconda! E non abbiamo noi veduto molte volte, che le piante che noi coltiviamo nelle nostre camere, stendono i loro rami verso l'apertura, per la quale entra la luce del sole? « Come avviene del mondo vegetale, così avviene del mondo animale, e dell'uomo! Volete voi imparare a conoscere il più generale effetto chimico della luce? Ricordatevi di ciò che io vi ho detto nella quarta sezione sopra la preparazione del gas ossigeno.

§. 2.

Della propagazione della luce.

Io ho dipinto una stella nera alla porta di contro. Io la vedo ancora. Ma quando io tengo tra essa e la mia vista un corpo opaco p. e. una tavola di lavagna, essa è perduta per me, e rimane così fino a tanto che l'oggetto intermedio sia rimosso. Io fo il buio nel nostro studio al modo solito; fo poi un piccolo buco in una delle imposte, e osservo in pari tempo con voi qual direzione segua l'entrante luce di quivi all'opposta parete. Ella segue effettivamente la direzione *retta*. In qualsiasi modo io instituisca il mio esperimento, io pervengo sempre all'importante verità: *Il cammino della luce è rettilineo.*

L'espresso principio esperimentale è sì generalmente conosciuto, che noi, senza aver fatto prima grandi riflessioni cerchiamo sempre il punto luminoso in quella direzione nella quale noi lo vediamo, e che un selvaggio ignaro di tali cose, cerca di afferrare l'imagine, che da qualsiasi oggetto gli è posta innanzi, dietro alla

superficie polita e lustra dello specchio. Mentre p. e. un agrimensore tira una riga nell'alidada che nel traguardare un oggetto gl'è indicata come coincidente con la direzione di esso oggetto, egli presuppone tacitamente, che la luce arriva a lui in linea retta. Lo stessissimo avviene nella livellazione. O non fa egli qui forse l'indicata presupposizione, quando egli guarda cioè il punto, a cui accenna il suo cannocchiale posto orizzontalmente, come posto allo stesso livello con questo instrumento? — Notate intanto.

1. Da ciascun punto di un corpo luminoso, i raggi della luce si diffondono per tutti i versi, e proseguono la loro linea retta, finchè vengono a colpire uno spazio di diversa natura materiale. Egli è pertanto naturalissimo, che noi, quando intercettiamo la luce per mezzo d'un piano, parliamo di una sfera di raggi, di una piramide di raggi ecc.

2. Se noi teniamo la superficie polita di un corpo opaco contro ad un raggio di luce, esso, come v'arriva, imprende una via ora più ora meno opposta alla sua precedente direzione. Noi la chiamiamo la *riflessione del raggio*. Secondo qual legge determinata avvenga una tale deviazione dalla primiera via, ce lo mostra la *catottrica* o la *teoria della riflessione dei raggi di luce sulle superficie polite*.

3. Un simile cambiamento soffre un raggio di luce nel passare per un mezzo non trasparente, che comparato al primo, è più o meno denso, e inoltre colpisce la superficie di quello non in direzione retta, ma obliqua. Una tale deviazione si chiama *refrazione*. Chi pone in un vaso d'acqua un bastone obliquamente e anche per modo che una parte resti fuori dell'acqua, vede benissimo che si debba intendere per refrazione d'un raggio di luce. La legge che qui si riferisce è svolta dalla *diottrica*, vale a dire dalla *dottrina sulla refrazione dei raggi di luce*.

4. Se un raggio di luce rasenta l'orlo di un corpo oscuro, è deviato dalla linea retta, e propriamente verso il mezzo dell'ombra. Questo si chiama piegamento od *inflessione*. Per sventura non è stata ancora esattamente rintracciata la legge relativa. .

5. Se la luce cade finalmente sopra un corpo non polito, non trasparente, lo illumina, vale a dire si diffonde sopra tutta la sua superficie. Anche questo cambiamento è importante.

Per concludere, si dica sull'ombra quanto segue:

Noi parliamo spesso dell'ombra e della penombra che getta un corpo; la prima, che specialmente si chiama *ombra*, abbraccia quello spazio, che non riceve nessuna luce; l'*ultima* ogni altra che è illustrata ancora da alcuni punti del corpo luminoso. Sia p. e. A

(fig. 163) una palla luminosa, e C una palla oscura, non trasparente e più piccola. Come in tali circostanze si diffondano l'ombra e la penombra, si rileva chiarissimamente dal disegno; il quale mostra

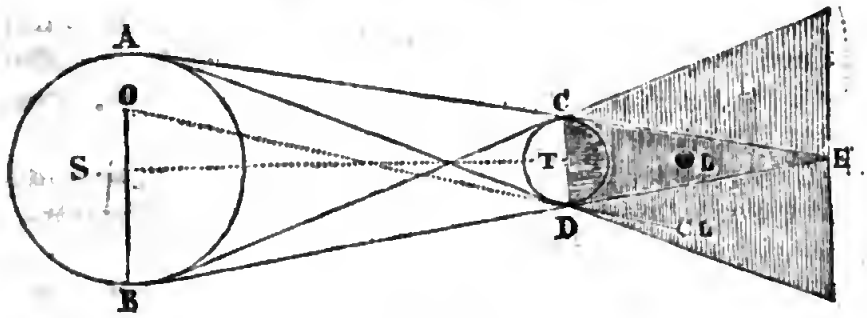


fig. 155

altresì che con l'allontanamento del corpo luminoso, il diametro dell'ombra decresce e quello della penombra cresce, e che inoltre di là dal punto, l'ombra cessa affatto, ed all'incontro la penombra a misura che acquista in ampiezza, diventa più debole ed incerta.

§. 3.

Della rapidità della luce.

Ciascuno sa con quale velocità straordinaria sen voli una palla di cannone; non v'ha occhio che possa seguirla; in meno d'una battuta di polso, ella ha già percorso parecchie centinaia di piedi. E pure sembra lenta relativamente alla terra; perchè questa nella sua rivoluzione intorno al sole percorre ogni secondo circa 3 miglia geografiche e 2|3, e compie per conseguenza nel breve periodo di 365 giorni un cammino ch'è calcolato a 121 milioni di miglia. Io arrivo finalmente alla velocità della luce. Per quanto possa apparire incomprensibile alla nostra debole intelligenza, tuttavia è la pura verità, *che la luce cioè vince in velocità per lo meno* 10,000 *volte il movimento annuo della terra.* Ma da chi fu trovata quest'incredibile velocità, e di qual mezzo si è servito per l'esecuzione della sua certo difficile operazione?

Già Aristotile aveve riflettuto alla velocità della luce. Nei tempi moderni, quasi 2000 anni dopo la morte di quel grand'uomo, il Galilei con lo stesso fine pose due uomini nella distanza reciproca

d'un miglio, mise loro in mano corpi facilmente combustibili, e ingiunse all'uno di accendere la fiaccola ad un dato tempo, e all'altro di far lo stesso con la sua, tostochè egli vedesse il fuoco del suo compagno. Egli stesso si mise in luogo onde potesse scorgere le due fiaccole. Egli prese meraviglia nel vedere che il descritto esperimento non lo condusse al fine desiderato; ma a noi che abbiamo imparato a conoscere la velocità della luce, la cosa pare naturalissima. Kepplero attribuì alla luce una velocità incommensurabile nel senso proprio. Solo l'anno 1675, il danese Römer per mezzo delle sue osservazioni del satellite di Giove, si condusse a migliore concetto.

Quella luna o satellite, che è più vicina a Giove (è noto che questo pianeta ha quattro satelliti), si ecclissa regolarmente ad ognuna delle sue rivoluzioni intorno al pianeta, e noi possiamo pertanto considerare l'immergersi che fa nell'ombra di lui come un fenomeno che ritorna in eguali epoche, vale a dire costantemente dopo 42 ore e 28 minuti. Se la terra restasse nella stessa lontananza da Giove, o la luce si propagasse con infinita velocità, dovrebbero scorrere eguali tempi tra ogni due successive immersioni del detto satellite. Ma non è così. Osservazioni esatte instituite e più volte replicate dagli astronomi, hanno insegnato al contrario che l'immersione, quando la distanza della terra da Giove è stata maggiore di forse 60,000 miglia, si vede circa 15 secondi più tardi. Altrettanto tempo impiega per conseguenza la luce a percorrere un cammino di 600,000 miglia. Or chi sa come si comporta la velocità di lei, e in qual distanza i diversi corpi celesti si trovano l'uno dall'altro, deve anche poter calcolare, che la luce del sole ci giunge in 8 minuti 13 secondi, quella del pianeta più lontano in 2 ore 40 minuti, della più vicina stella fissa sol dopo sei anni.

Quale incommensurabilità dell'universo si apre qui ai nostri sguardi! Poichè vi sono corpi celesti che sono più lontani dalla terra molte migliaia di miglia che la più vicina stella fissa, così può ben essere che quei cambiamenti che noi oggi notiamo in essi siano accaduti lunga pezza avanti a quei tempi, in cui noi sogliamo porre l'origine della razza umana.

§. 4.

La forza della luce.

Io pongo qui due candele di cera, che ardono egualmente sulla tavola della nostra camera fatta buia, e pongo innanzi alla bianca parete che loro sta incontro un qualsivoglia corpo sottile, p. e. una matita. E noi esperimentiamo *che le ombre mezzo illuminate compaiono perfettamente eguali, e che i ceri nella lor forza luminosa si accordano l'uno coll'altro.* Ma io interpongo un cristallo tra la parete ed uno dei ceri. Quando noi per la seconda volta guardiamo l'ombra, ci convinciamo che il cristallo ha indebolito considerevolmente la luce dell'un cero, e che noi dobbiamo pertanto appressarci maggiormente alla parete, per ristabilire l'eguaglianza delle ombre mezzo illuminate. Anche questo semplice esperimento fa fede dell'importante legge:

Quanto il mezzo è più trasparente, tanto maggiore forza possiede la luce; quanto il mezzo è meno trasparente, tanto è minore la luce.

Come perfettamente trasparente noi possiamo considerare solamente lo spazio celeste. L'aria non lo è in sì alto grado, sebbene noi le attribuiamo la stessa proprietà. Se la luce del sole, quando questo è all'orizzonte, apparisce molto indebolita, viene solo da ciò che gli strati inferiori dell'aria sono immensamente pregni di vapori. « Voi sapete ancora perchè un lume fa mala luce in una stanza piena di fumo di tabacco? perchè inoltre sulle alte montagne noi vediamo le stelle più lucenti e numerose che nelle profonde valli? » Ditemi anche altri fenomeni, che qui si riferiscano.

Poichè io ho di nuovo fatto buio nella stanza, io pongo un cero acceso sulla tavola e vi fo la domanda: dove l'illuminazione è più forte? evidentemente dove è il lume, e nella massima vicinanza ad esso. Quanto più vi dilungate dal cero, tanto minore è la chiarezza che vi circonda; anzi ne' canti della stanza, da' quali voi dovete fare forse 8 a 10 passi prima d'arrivare di nuovo alla tavola, è già sì oscuro che voi non potete nè leggere, nè scrivere senza pregiudicare alla vostra vista.

La forza della luce decresce pertanto con la distanza. Se voi volete sapere in qual grado questo avvenga, figuratevi solo nello spazio incommensurabile un qualsivoglia punto luminoso che liberamente ondeggi, e considerate poi come i raggi si diffondano da esso a tutte le possibili direzioni. Solo per tal modo voi ottenete la qui neces-

saria rappresentazione di una sfera di luce. Sia *c* (fig. 156) il punto illuminante; inoltre *defg* la prima sfera luminosa, *hikl* la seconda e *mnop* la terza. Presupponendo che i semidiametri *cd*, *ch*, e *cm* stiano gli uni agli altri come i numeri 1, 2 e 3, noi sappiamo ancora (la geometria ce l'insegna) che la superficie della seconda palla di luce è il quadruplo della superficie della prima, e quella della terza il nonuplo. Ma ora queste superficie sono percosse dalla stessa quantità di luce; chi potrebbe adunque dubitare ancora della giustezza della seguente legge, la più importante senza fallo rispetto alla misura della luce?

La forza della luce, quando ella si diffonde equabilmente da un punto a tutti i lati, decresce esattamente nel rapporto che crescono i quadrati della distanza.

La luce del sole è approssimativamente così forte come la luce di seimila ceri alla distanza d'un piede. Di qua escon chiaramente due punti: 1) che noi in esso dalla superficie della terra non possiamo osservare nè un decremento, nè un aumento; e 2) che rispetto a lui la espressa legge allora solo trova la sua applicazione, quando noi consideriamo i diversi pianeti che esso ha ad illuminare.

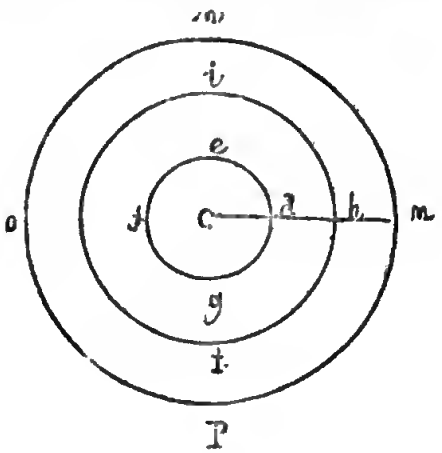


fig. 156

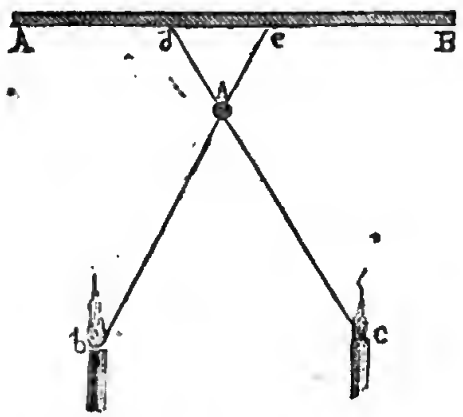


fig. 157

Ecco là una tavola bianca, rischiarata verticalmente dal sole; guardatela! Se voi la guardate per diritto o per lato, voi non osservate ben distintamente nessuna differenza nella luce che l'illumina; anzi ambedue le volte ogni parte d'essa v'apparisce egualmente abbagliante, e impressionante in egual grado la vostra vista. Ma avviene altrimenti, quando i raggi del sole la percuotano obliquamente; vale a dire quando ella rispetto alla sorgente della luce, prende una posizione diversa da quella. Chi osserva bene com'ella

diversamente s'illumini, quando io le do posizioni diverse, viene per se stesso alla legge che regola questi fatti: *Quanto è più acuto l'angolo sotto il quale la luce cade sopra un piano, tanto meno raggi lo percuotono, tanto esso è per conseguenza meno illuminato.*

Invece di andarvi raccontando altre circostanze da cui dipende il grado dell'illuminazione, io rivolgo piuttosto la vostra attenzione sul *misuratore della luce o fotometro.*

L'occhio, com'è noto, è un assai debole giudice della forza della luce; la memoria poi non ritiene l'impressione ricevuta, anzi quando noi vediamo due corpi l'uno appresso all'altro, noi non possiamo dire con precisione quante volte l'uno sia più chiaro dell'altro: quanto adunque è necessario il così detto *fotometro*! Uno de' più semplici ed opportuni è il *fotometro di Rumford.* Siano: A B (fig. 157) una parete bianca; *a* una verghetta sottile, p. e. una matita; *b* e *c* due ceri eguali, che nel loro allontanamento da *a* e AB coincidono insieme. Voi vedete subito tre cose: 1. Che AB è veramente in generale illuminato da due ceri; ma in *e* solo dal cero *c* e in *d* solo dal cero *b*; 2. Che la matita *a* in *d* ed *e* forma due ombre; e 3. che l'illuminazione dei punti in *d* ed *e*, dev'essere *eguale* quando i due ceri ardono *egualmente*; *ineguale* quando hanno una diversa forza di luce. Presupposto che *b* sia il cero più chiaro, non occorre far altro per ristabilire l'eguaglianza delle ombre, che od avvicinar *c* alla parete AB o allontanare *b* maggiormente da lei. Le diverse distanze dei due ceri da AB nel caso dell'eguaglianza dell'ombre ci procaccia sopra la forza di luce di *b* e c una assai sufficiente notizia. Un esempio può farvelo più chiaro. Sia *c* un cero, *b* una lucerna, più luminosa di quello, e l'uno e l'altra lontano 10 piedi da AB. Se noi per ragguagliar l'ombre, raccostiamo il cero quattro piedi più vicino ad AB, le forze luminose della lucerna e del cero stanno l'una all'altra come i quadrati di 10 a 4, e pertanto come 100 a 16; vale a dire la lucerna splende 6 volte e 1|4 di più che il cero.

§. 5.

Della riflessione della luce in generale.

Ecco una tavola di legno, ben levigata. Io mi curvo su lei per guardarla più davvicino, e vedo in essa o *sotto* essa la mia figura. Ecco là uno stagno d'acqua chiara e tranquilla. Che in esso si pingano tutti gli alberi della riva voi lo vedeste nelle passeggiate, a

cui v'invitò tanto spesso. Io vi mostro qui inoltre uno specchio ordinario. Che io vi veda la mia figura, vi è ben noto, com'altresì che ella vi apparisce incomparabilmente più chiara e distinta che nell'acqua. Io prendo da ultimo questo pezzo di metallo da un lampione dell'atrio. Quello che in essa mi fa maggiormente meraviglia, si è che la mia imagine, secondo che io tengo innanzi agli occhi or la superficie concava, or la convessa, ora pare aggrandita, ora rappicciolita. Certo questi come molti altri feuomeni simili sono degni di un più particolare esame.

Prima che io proceda innanzi, imprimetevi bene in mente quanto segue:

1. Ciascun corpo nel quale, o *sotto* al quale noi vediamo oggetti che esso non contiene, ma si trovano *innanzi* o *appresso* a lui, si chiama uno *specchio*.

2. Noi distinguiamo *specchi artificiali e naturali*; i *primi*, come p. e. le specchiere delle nostre camere, o gli specchi metallici dei lampioni delle scale o delle strade, sono opera degli uomini; i *secondi*, a cui appartengono tra gli altri le acque chiare e tranquille, furon fatti immediatamente dalla mano creatrice di Dio.

3. Se la superficie dello specchio è *piana*, anche lo specchio si chiama uno *specchio piano*; se all'incontro è *curva*, noi li chiamiamo secondo le particolarità *specchi sferici*, *conici*, *cilindrici*, ecc.

Lo specchio di questa camera è appeso esattamente dirimpetto a quella finestra, nella cui imposta io ho fatto prima un piccolo foro. Io richiudo tutte le imposte per la seconda volta, e fo entrare la luce del sole nella stanza solo per quel foro. E tutto ciò fo per mostrarvi, che il raggio che colpisce verticalmente la superficie dello specchio è costretto a retrocedere in se stesso. Io replico il mio esperimento, ma colloco prima in modo lo specchio che formi un angolo obliquo con quel raggio. Oh meraviglia! invece d'*un* raggio, noi ne vediamo ora due; onde il cammino che la luce ha impreso dopo il suo arrivo sulla superficie dello specchio, è stato diverso. Osservate attentamente la figura 158.

MN e ZW, voi avete a figurarvi due diverse posizioni di uno specchio; in OP, un raggio di luce che lo percuota. Se lo specchio ha la posizione di MN, il cammino del raggio d'incidenza e di quello di riflessione è il medesimo; ma se si trova nella posizione di ZW, OP è riverberato nella direzione di PR. Ora avete ancora molte cose ad osservare. — Udite:

1. Il raggio di luce finchè si dirige alla superficie dello specchio si chiama *raggio d'incidenza*; ma quando fu respinto si chiama *raggio di riflessione*.

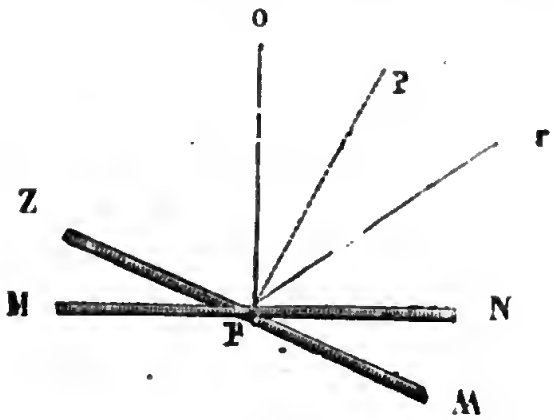


fig. 158

2. La linea che percuote il punto dove il raggio d'incidenza tocca lo specchio, e sta in pari tempo a perpendicolo sulla superficie di quello, ha il nome di linea perpendicolare (è egli possibile indicare in una linea il raggio d'incidenza, il raggio perpendicolare e il raggio di riflessione?)

3. Anche gli angoli che formano i raggi con la linea perpendicolare, ricevono nomi distinti. Noi distinguiamo cioè l'*angolo d'incidenza* e l'*angolo di riflessione*; il primo ha per suoi lati il raggio d'incidenza e la perpendicolare, all'incontro il secondo il raggio di riflessione e la perpendicolare (come si chiamano i due angoli nella fig. 158?)

4. I due angoli stanno *nello stesso piano* e sono, quel che maggiormente importa, *eguali l'uno all'altro*: onde il principio generale sulla riflessione della luce può concepirsi così:

L'angolo d'incidenza e l'angolo di riflessione sono sempre eguali e stanno nello stesso piano.

§ 6.

Lo specchio piano.

Oggi io pongo prima l'*uno* de' miei specchi piani in posizione verticale, e tengo poi innanzi alla sua superficie questa piccola freccia; 1. *verticalmente;* 2. *inclinata* sotto un angolo di 45 gradi, e 3. *orizzontale*. Come si verificano le seguenti asserzioni.

1. Nelle circostanze indicate noi scorgiamo l'imagine: 1. in posizione *verticale*; 2. in posizione *inclinata;* 3. in posizione *orizzontale*.

2. Ell' è inoltre *perfettamente simile* nello specchio; e si trova *precisamente tanto* dietro allo specchio di quanto la freccia è avanti al medesimo.

La sola differenza che qui si riscontri, consiste in ciò che il *lato diritto dell'oggetto comparisce a sinistra nello specchio, e il sinistro a destra.*

Sia nella fig. 159 V W una sezione verticale di uno specchio piano; inoltre A B un oggetto luminoso, o anche un oggetto illuminato, p. e. una piccola freccia che gli stia dinanzi. La freccia mandi i suoi raggi per tutti i versi. Presupponendo che A *f* ed A *m*, siano due raggi che percuotono lo specchio; non deve A *f* esser riverberato in *f g* ed A *m* in *m n*? è evidente, perchè solo sotto

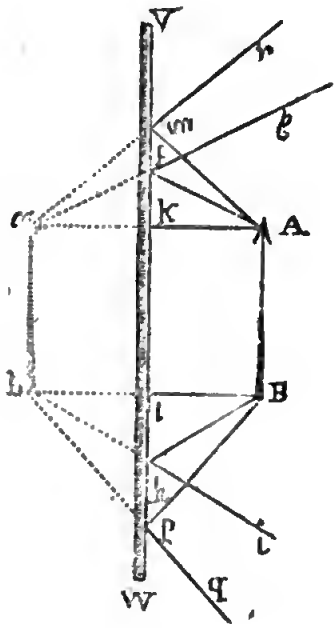


fig. 159

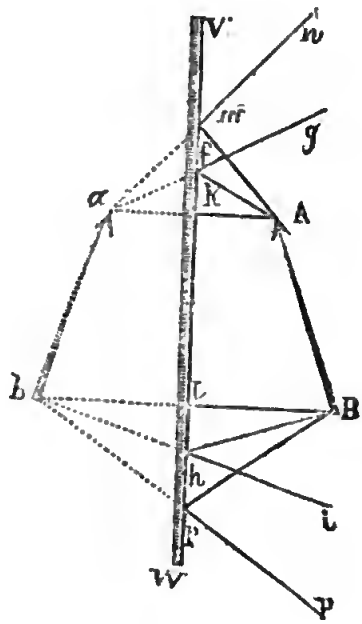


fig. 160

queste circostanze si comportano conformemente alle leggi fondamentali della catottrica. Il raggio A K che con A *f* ed A *m* esce da un punto *identico* della freccia, tiene, in quanto percuote perpendicolarmente la superficie dello specchio, la stessa via avanti ed indietro. Finalmente tutti i raggi di riflessione, vale a dire *f g*, *m n* e K A, si riuniscono prolungandoli sufficientemente nel punto *a*. Onde a ciascun occhio avanti lo specchio, che riceve i raggi *f g*, *m n* e K A deve esser al tutto lo stesso, come se uscissero dal punto *a* dietro la superficie dello specchio. Esso vede anche il punto A effettivamente in *a*, vale a dire *a* gli è l'imagine del più alto punto

della freccia posta avanti allo specchio. *a* sta ad A come *b* a B. Volendovene convincere non avete che a confrontare i raggi di incidenza B *l*, B *h* e B *p* coi loro raggi di riflessione *l* B, *h i* e *p q*; del resto essi provano tanto chiaramente quell'asserzione, che non occorre ch'io vi aggiunga neppure poche parole di prova. Ma dove si dipingono gli altri punti, posti tra A e B? Come nella stessa freccia, così anche in questa imagine cadono tra i punti estremi *a* e *b*. Se voi volete trovar prestamente dove si dipinga un punto di qualsivoglia oggetto, voi non avete che a tirar una linea ad angolo retto da esso sopra la sezione d'uno specchio e prolungarla tanto che i pezzi avanti e dietro allo specchio siano eguali. Il punto estremo del pezzo di là dallo specchio è il punto da cercarsi. Presupposto che voi conosciate l' eguaglianza dei triangoli, voi vedete certamente come nel predescritto processo l'angolo di incidenza sia eguale all'angolo di riflessione.

Fin qui noi abbiamo sempre contemplato il caso, nel quale specchio ed oggetto si trovano in pari tempo in posizione verticale, ma ve ne sono molti altri, oltre quello, non meno degni della nostra attenzione. Solo per *uno* di questi casi voi vedete qui ancora aggiunto un disegno.

V W (fig. 160) rappresenta la sezione verticale di uno specchio, e A B una freccia che è inclinata verso lui sotto un angolo di circa 60 gradi. Che l'imagine *a b* debba avere la stessa posizione che l'oggetto A B, emerge per un canto dalla riflessione di A *f* e A *m* e A K e per l'altro da quella di B *h*, B *p* e B *l*.

Ora io do prima allo specchio la posizione *inclinata*, poi l' *orizzontale*, e poi metto ogni volta la mia freccia nelle tre indicate situazioni rispetto ad esso. Nella *situazione inclinata* l'imagine è: 1. *orizzontale;* 2. *inclinata;* e 3. *verticale.* Nell' *orizzontale* è: 1. *verticale;* 2. *inclinata;* e 3. *orizzontale.* Il fenomeno è assai singolare, quando io tengo lo specchio obliquamente contro la tavola, e fo su questa scorrere una palla; questa sale all'insù nella superficie la cui imagine è figurata verticalmente nello specchio. Io fo ancora alcuni altri esperimenti. Prima io accosto i miei due specchi piani sotto agli angoli che mi piace, e tra loro ogni volta interpongo un oggetto, p. e. una candela accesa. Così noi arriviamo al principio generale:

L'imagine si moltiplica, e si vede in generale tante volte meno UNA, *quante volte il numero dei gradi dell'angolo che formano gli specchi l'uno con l'altro, è contenuto in* 360.

Apparisce pertanto in un angolo di 120 gradi due volte, di 90 gradi tre volte, di 72 gradi quattro, di 60 gradi 5 volte ecc. Se

io all'ultimo metto gli specchi di contro parallelamente l'uno all'altro, e la candela accesa tra loro nel modo detto, la serie delle imagini è infinita.

A più particolare dichiarazione dei misteriosi fenomeni prodotti da due specchi che s'incontrano sotto un angolo serva la fig. 161.

V W sia l'una sezione d'uno specchio, W Z l'altra; A inoltre un punto luminoso, che si trovi tra i due specchi; V W Z finalmente un angolo retto, che gli specchi fanno l'uno con l'altro. Ove si presentano ora le imagini del punto A? primamente in *a* ed *a'*. Intorno alla posizione ed alla formazione di queste due imagini è im-

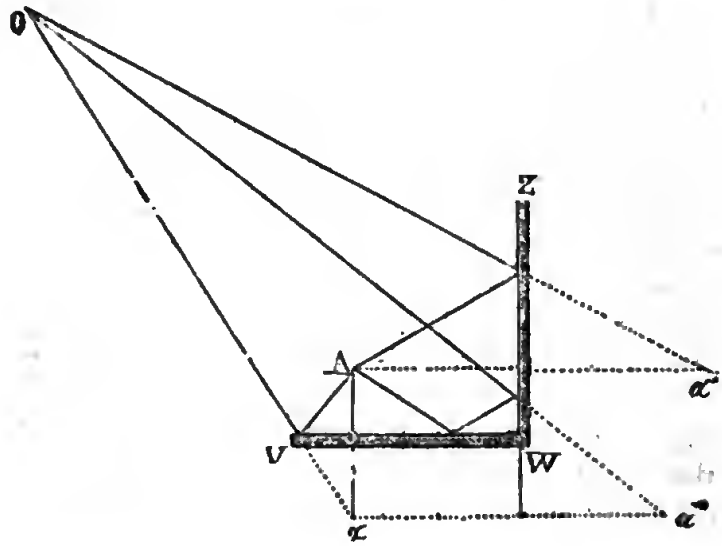


fig. 161

possibile che abbiate difficoltà; perchè esse vanno del pari eguali a quelle imagini che si vedono dietro a ciascuno specchio separato. Ma noi incontriamo anche in *a''* un'imagine del punto illuminante. Chi vuol sapere come si sia prodotta anche quest'imagine, consideri che lo specchio W Z riflette anche i raggi, che escono apparentemente dall'imagine *a*, ecc. La posizione di *a''*, vien determinata qui come in tutti questi casi dalla legge fondamentale della catottrica. — Chi trova ora le imagini A, quando l'angolo V W Z ascende a 72, 60 o 45 gradi? e chi sa inoltre dimostrare che la serie delle imagini debb'essere infinita, quando gli specchi hanno una posizione parallela l'uno rispetto all'altro? La causa di ciò che ogni imagine successiva è illuminata più debolmente che quella che la precede, è riposta nel sempre minor numero dei raggi riflessi.

§. 7.

D'alcuni instrumenti fondati principalmente sullo specchio piano.

a) *Il caleidoscopio.*

Il caleidoscopio è veramente un *osservatore del bello.* Mentre io ve lo do in mano, giratelo continuamente, e guardate attentamente dentro. « Oh bello! oh magnifico! starei un'ora a guardarvi entro, e tuttavia non mi stancherei ». Con tali parole voi espandete la vostra lieta meraviglia delle imagini graziosamente colorate, e sommamente regolari, che come per incanto vi presenta agli occhi in numero per così dire infinito. Ed io aggiungo: o di quanto insegnamento, di che somma utilità ai fabbricanti di parati e tappeti, agli stampatori in cotone, agli stuccatori, a quelli che fanno lavori di paglia, ed in generale a quei lavoranti e artefici che sono non di rado impacciati pei modelli che si alternano in diversi ornamenti! La grossezza del caleidoscopio, instrumento trovato in Edimburgo da Brewster, è circa due pollici, la lunghezza d'otto in dieci.

Chi si rammenta delle imagini prodotte da specchi locati parallelamente, o sotto un angolo, presente già certamente, in qual modo è formato il caleidoscopio. Imaginatevi in esso due specchi, fissati in un tubo, e che ad un loro lembo inferiore, siano attaccati per mezzo d'una striscia di cartone o di cuoio, e siano messi in comunicazione reciproca nel modo descritto. Figuratevi inoltre che parecchi pezzolini di pietre colorate, pezzi di vetro, petali, e tante altre coselline, che contiene una custodia fatta di due cristalli rotondi, tostochè si gira l'instrumento, si situino nelle posizioni più diverse; ed ecco: voi conoscete abbastanza la causa dei bei fenomeni del caleidoscopio, che per l'infinita molteplicità delle svariate disposizioni, danno un piacere sempre nuovo. Gli artefici hanno recentemente munito il caleidoscopio di un piedestallo per fissare più sicuramente le graziose imagini, che si mutano al più piccolo moto, e non si ristabiliscono mai nello stesso modo.

b) *L'occhialino magico.*

Io vi porgo ora un secondo instrumento, non meno interessante. Il suo nome è l'*occhialetto magico.* Ora provate se vi è possibile di vedere una mano od altro oggetto quantunque lo collochiate nella

direzione dell'asse dei due piccoli cannocchiali e precisamente in mezzo ad essi. Neppure uno ne dubita; eppure resta in fatto deluso. Quale sia la struttura interna del misterioso instrumento, lo insegna abbastanza l'imagine, che io qui ve n'ho aggiunta. — *bdgi* (fig. 162) rappresenta il tubo quadrangolare, composto, *bc*, *de*, *fg*, e *hi*

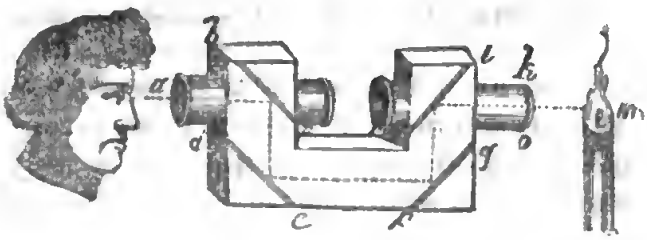


fig. 162

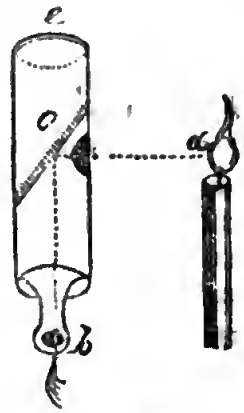


fig. 163

sono specchi piani, che sono inclinati sulla linea orizzontale *a k*, sotto un angolo di 45 gradi. Altro non occorre per sapere qual via deve seguire un raggio di luce, che entri nel tubo in *o* K. Si fonda il tutto sulla legge fondamentale de la catottrica.

Se voi desiderate di guardare le persone senza che se n'accorgano, procacciatevi uno di questi occhialetti magici, rappresentati dalla fig. 163. Si chiama comunemente *occhiale da teatro*. Questo ha nel suo interno un piccolo specchio piano *c* che forma con la linea longitudinale un angolo di 45 gradi; anche in esso ogni raggio di luce, che cade nella direzione di *a c* sulla superficie dello specchio, è riflettuto in *b*. La parte del tubo *c e* pare quasi inutile, non avendo altro scopo che di accrescere l'illusione. Occorre appena dire, che, particolarmente rispetto alla forma, vi sono altri diversi occhialetti magici.

c) *Il mondo nuovo.*

Chi va verso uno specchio a muro, e varia in modi molto diversi la sua posizione o stazione, mentre tien l'occhio sempre fisso verso la superficie polita, si convince ch'egli non arriva a vedere dappertutto le stesse imagini, e che in generale tutti i fenomeni dipendono dalla situazione in cui egli si trova rispetto allo specchio. S'egli vede p. e. una tavola quando si trova direttamente

dinanzi allo specchio, nel farsi un poco da parte gli si rappresenta forse la stufa, una lettiera, ecc. La causa di ciò è chiara. L'occhio, nel prendere ora qua, ora là la posizione, viene nella direzione di sempre nuovi raggi di riflessione, e debbon pertanto gli oggetti, di cui vede le imagini dietro allo specchio, scambiarsi l'uno con l'altro.

Sopra la testè accennata proprietà, si fondano le diverse specie di camere oscure i cui fenomeni voi già conoscete. Secondo che voi guardate nell'uno o nell'altro buco, di cui è munita una delle sue pareti, voi scorgete l'imagine ora di questo, ora di quell'oggetto. Io mi contento qui di descrivervi due delle più comuni camere oscure.

Una cassetta che ha la forma di un prisma verticale, quadrangolare, è divisa primamente da pareti diagonali, che si tagliano tutte nel suo asse, in altrettante celle triangolari, quante sono le faccie laterali; poi si coprono i due lati di quelle pareti con cristallo da specchio e si munisce ogni cella di un oggetto particolare; si fanno poi alcuni buchi nelle pareti laterali della cassetta; finalmente si copre la superficie di lei con sottile pergamena, o anche con tela di lino, in generale con un intonaco, che non turbi la luce nel suo passaggio allo spazio rinchiuso. In qualunque buco di quella cassetta voi guardiate, vi si appresenta sempre uno spettacolo di cose nuove. Figuratevi in secondo luogo una cassetta della stessa figura, ma senza pareti diagonali, e rivestita anche soltanto nelle faccie laterali interne di vetri da specchio. Inoltre l'intonaco è levato via dove sono i bucolini segreti, perchè vi si possa vedere per entro. Non dee dunque il fantoccio, l'uccello, o checchè si è posto per altro nel mezzo di una tale cassetta, comparire immensamente moltiplicato? Le camere oscure ordinarie sono illuminate da lumi di candele, e le imagini girate su cilindri, perchè si cambino facilmente e sembrino anche numerose.

D'importanza incomparabilmente maggiore che il caleidoscopio, è l'occhialetto magico e la camera oscura, e sovratutto il sestante di riflessione, il grafometro o goniometro di cristallo, ma una descrizione di tali instrumenti non appartiene ad un libro di questa fatta.

§. 8.

Lo specchio curvo.

a) *Dello specchio curvo in generale.*

Io mi sono già una volta servito del pezzo di metallo, che vi presento; è, com'è noto, lo specchio d'una grande lanterna. Prima che io vi lasci cercare più oltre quali imagini ecciti un qualsiasi oggetto, ciascuno s'imprima in mente quanto segue sugli specchi a superficie curve.

1. Gli specchi ordinari, sebbene non i migliori di questa specie, sono *i piccoli segmenti sferici* (*). Degli specchi conici e cilindrici io dico di passo, che in essi tutte le cose si dipingono storte, e che noi abbiamo per essi quadri particolari che si allargano nello stesso rapporto, in cui essi sono ristretti dalla superficie pulita; solo di tali quadri noi vediamo imagini regolari negli specchi conici e cilindrici.

2. Il punto centrale, il semidiametro ed il diametro di quella sfera, di cui lo specchio forma una parte, è anche chiamato *il suo centro geometrico, semidiametro e diametro.*

3. Se uno specchio curvo è pulito nel'a sua superficie *concava nterna*, si chiama specchio *concavo* o *collettivo*; se è al contrario pulito sulla sua superficie esterna, convessa, si chiama uno specchio *convesso* o *dispersivo.* Donde poi procedano le denominazioni di specchio *collettivo* e *dispersivo*, noi lo sappiamo, quando noi volgiamo verso il sole l'una dietro l'altra le superficie concava e convessa; in quello tutti i raggi che concorrono paralleli all'asse s'incrociano in un certo punto dopo la loro riflessione; in questo al contrario vengono riflessi da tutti i lati, come venissero da un *unico* punto dietro la superficie dello specchio.

4. Il punto di riunione di tutti i raggi riflessi da uno specchio concavo, sta nel mezzo del semidiametro, e per ragioni che vi dissi nella sezione del calorico, porta il nome di *fuoco.* Del resto non è un punto geometrico, ma una linea, la cui lunghezza dipende dalla diversa curvatura dello specchio. Solo quei raggi che cadono proprio vicino all'asse sono riverberati verso il mezzo

(*) I più perfetti specchi curvi sono i parabolici, vale a dire quelli che gli artefici hanno formato secondo la parabola, una delle linee curve appartenenti alla matematica superiore.

del semidiametro; all'incontro altri più lontani da quella linea, vengono riflessi in un punto più vicino alla superficie dello specchio. La distanza del fuoco dallo specchio si chiama la *distanza focale*. Nessuno specchio dispersivo possiede un fuoco *effettivo*, ma sibbene soltanto *imaginario*.

5. Per *asse* di uno specchio curvo noi intendiamo quella linea indefinita, che raccoglie in sè così il foco come il centro. Da essa viene determinato altresì il *centro ottico*. Questo è quel punto nello stesso specchio, da cui tutti i punti della periferia son del pari distanti.

6. I nomi di *raggio d'incidenza* e di *riflessione*, *d'angolo d'incidenza e di riflessione*, si usano così negli specchi curvi, come nei piani; anche la già detta legge fondamentale sulla riflessione della luce rimane la stessa per tutte le specie di specchi curvi.

b) *Dello specchio curvo come specchio collettivo.*

Ecco qui un piccolo specchio collettivo, e *proprio vicino* avanti ad esso è una candela accesa proporzionata alla sua grandezza. Volgendovi i vostri sguardi, voi scorgete che l'imagine della candela sta ritta, ma la vince di grandezza, e che inoltre l'imagine dietro allo specchio, è ad una distanza un poco maggiore di quello che sia la candela dinanzi ad esso. Io avvicino maggiormente la candela al foco. L'imagine mantiene così bene la sua posizione diritta, come anche la sua situazione al lato opposto; ma è cresciuta notevolmente di grandezza e di distanza. Poichè io ho messo la candela precisamente sul fuoco, l'imagine è svanita; solo un confuso bagliore in lontananza infinita l'accenna in qualche modo.

Si metta la candela al di fuori della distanza focale, ma abbastanza vicina ancora al foco. Ed ecco, l'imagine si mostra di nuovo, ma non più dietro, sibbene avanti allo specchio; inoltre è capovolta e tanto più grande quanto la candela è più vicina al foco. Nel centro geometrico coincidono imagine ed oggetto. Da ultimo io allontano il cero dallo specchio quanto è mai possibile, ed allora voi osservate l'imagine al tutto in vicinanza del foco. A tutto ciò io aggiungo di passo.

1. *Il foco è un'imagine del sole.*

2. *Solo le imagini avanti allo specchio compaiono come vere imagini aeree*, vale a dire come imagini in cui tutti i raggi, partiti da un unico punto dell'oggetto, sono di nuovo effettivamente riuniti in un punto dell'imagine.

3. *Le imagini dietro allo specchio si chiamano imagini geometriche.*

Se io metto un corpo, p. e. un foglio di carta bianca, al punto dove si presenta l'imagine aerea, viene illuminato da tutti i colori che adornano l'imagine stessa. Ordinariamente noi riceviamo una tale imagine aerea in una bianca parete contrapposta ad uno specchio.

A spiegazione di quelle imagini, che si producono mediante uno specchio collettivo, io vi dovrei sbozzare veramente molte figure; ma io mi limito a due casi, ove l'oggetto è situato: 1° *tra il foco e lo specchio*; e 2° *tra quel punto e il centro.*

Nelle figure 164 e 165, V W rappresenta uno specchio polito sulla sua superficie concava, C il centro geometrico, F il foco, o il centro ottico, e A B una freccia, che si trova nella fig. 164 entro la distanza focale, e nella fig. 165 tra il foco e il centro geometrico. Se io so trovare in essi il posto dove si dipinge A, io conosco al medesimo tratto tutto quanto è d'importanza nell'imagine. Ma come trovo quel posto per la via più breve? se io da C passando per A, tiro la linea C A *n* nella direzione dello specchio, ella cadrà ad angolo retto, e un raggio di luce A *n* verrà riverberato nella stessa direzione in cui venne. L'imagine del punto A deve anche necessariamente trovarsi nel prolungamento di A *n*. Ora un raggio, che cade sullo specchio parallelo all'asse, che qui è A *e*, è riverberato com'è noto verso il foco F; l'imagine del punto A deve pertanto trovarsi sul prolungamento della linea F *e*; per conseguenza l'imagine cercata è colà dove s'intersecano i prolungamenti di A *n* e F *e*. Il punto d'intersecazione di quelle due linee *a* sta nella fig. 164 *dietro*, nella fig. 165 avanti allo specchio. Più non occorre a convincervi che la freccia A B, deve necessariamente dare le imagini, che io qui appunto ho tratteggiate.

Quando io poi da ultimo vi prego di tratteggiare le figure per alcuni altri casi, abbiate in mente principalmente due cose: 1. *noi troviamo i luoghi dove un punto si pinge otticamente, quando conosciamo soltanto la direzione di due raggi di riflessione del medesimo;* e 2. *la situazione dell'imagine dipende dalla situazione dell'obbietto.*

Se l'oggetto sta tra lo specchio e il foco, noi otteniamo *dietro* allo specchio un'imagine *diritta*, aggrandita (fig. 164); ma se sta tra il foco e il centro geometrico (fig. 165) abbiamo avanti allo specchio un' imagine *capovolta* e aggrandita. Se fosse finalmente al di là di C in *b a*, ne verrebbe in A B un'imagine rappicciolita e capovolta.

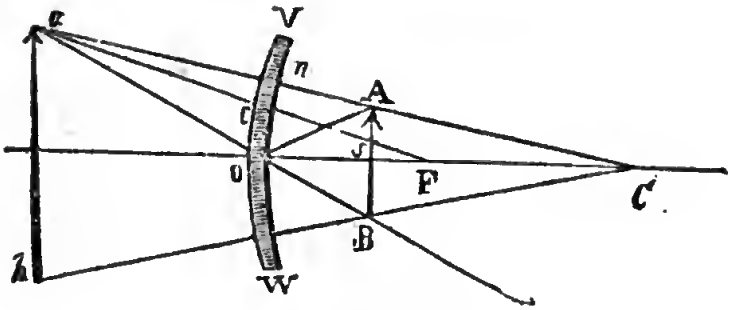


fig. 164

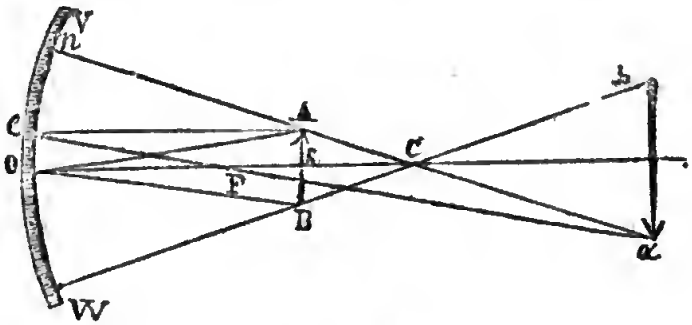


fig. 165

c) *Dello specchio curvo come specchio di dispersione.*

Io pongo ora la candela, accesa non come ho fatto fin qui incontro alla superficie concava dell'obbietto, ma sibbene alla convessa. Ma dovechè io la ponga, noi vediamo sempre *un'imagine che si trova dietro allo specchio, sta ritta, è più piccola che la candela, e perde per conseguenza tanto più in grandezza, quanto io allontano più l'oggetto dallo specchio.* — Che questi semplici fenomeni non possano essere menomamente diversi, vi sarà chiaro se osserverete diligentemente la qui aggiunta figura 166. Come nelle figure 164 e 165, così in essa V W indica lo specchio curvo, C il centro geometrico, F il foco (è naturalmente il foco imaginario o negativo), O il centro ottico, A B una freccia, e *a b* la sua imagine. Non meno noti sono i due raggi d'incidenza A *e* ed A O. Per trovare il raggio di riflessione di A *e*, voi dovete principalmente considerare che A *e* va parallelo all'asse, e pertanto, giunto alla superficie dello specchio prende la direzione come se venisse dal foco negativo, ed è pertanto riverberato nella direzione *eg*. Il raggio A*n*, percuote la superficie dello specchio, essendo diretto verso il centro C, ad

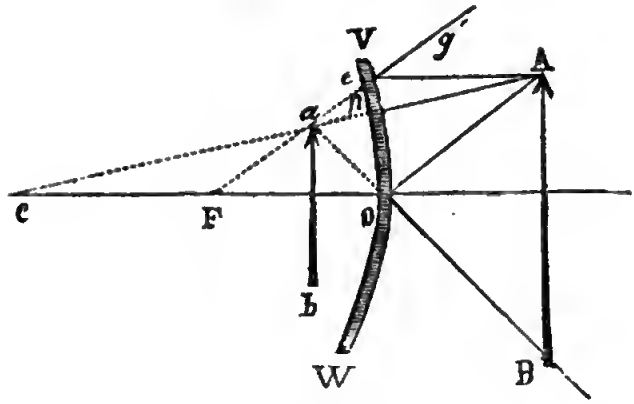


fig. 166

angolo retto, ed è pertanto riverberato nella stessa direzione in cui è caduto. Se voi prolungate *e g* ed *n* A all'indietro, voi trovate il punto *a* da cui dopo la loro riflessione sembrano venire tutti i raggi partiti da *a*. Segue inoltre di qua: 1. *L'imagine si trova senza eccezione dietro alla superficie dello specchio*, ed è 2. *tanto più piccola quanto è più grande la distanza della freccia* AB *da* VW.

Nelle circostanze ultimamente descritte anche l'angolo ACB tra i cui lati cade *a b* diventa sempre più piccolo. La figura in generale lo dimostra così chiaramente, che le migliori parole non potrebbero darne più fondata idea.

§. 9.

Diverse applicazioni di specchi curvi.

a) *Lo specchio collettivo come specchio d'illuminazione.*

Chi si abbattè a girare nel buio della notte per le vie delle grandi città, e notò la luce abbagliante che quivi gli raggiava agli occhi, chiese bene a se stesso: « Donde viene che l'illuminazione possiede qui tanta forza? » E non gli potè riuscir difficile di trovare la giusta risposta, senza conoscere forse le proprietà del pezzo di rame, d'ottone o d'argento polito, ch' egli vide posto dietro al lampione acceso, lo ebbe di tratto per la causa dell'effetto indicato. Non solo i lampioni delle strade, ma quelli ancora delle scale sono muniti di un tale specchio. — Notate.

I raggi di luce tengono, com'è noto, la stessa via avanti e indietro. — Quando pertanto cotali raggi luminosi, che vanno pa-

ralleli all'asse, e cadono sopra una superficie concava dello specchio, sono riverberati al foco, è evidente che altri che da questo punto percuotono lo specchio, rappresentano dopo il loro ribalzo delle linee parallele. Ma i raggi riflessi dell'ultima specie trasportano a distanze assai considerevoli il chiaro splendore, in quanto si diffondono sol poco, anzi quasi niente sulla loro via.

L'utilità dei fari sulle coste del mare e in vicinanza dei porti è conosciuta. — Notiamo di passo che anche in essi uno specchio collettivo conferisce molto alla forza immensamente grande della fiammeggiante luce.

b) *Dello specchio collettivo come specchio ustorio.*

Quanto i raggi del sole cadono più concentrati sopra un qualsivoglia corpo, tanto più calore eccitano. — Così, com'è noto, suona una legge sopra la forza calorifica del sole. Se ora, come avviene effettivamente, tutti i raggi incidenti paralleli all'asse, dopo essere stati riflessi da una superficie concava polita, s'incrociano nello stesso punto, gli specchi collettivi devono manifestamente servire anche a generare un calore veramente mirabile anche nel foco. E così avviene nel fatto. Che non solo il vetro e il metallo, ma anche il diamante, che, com'è noto, è la più dura di tutte le gemme, posti nel fuoco di un tale specchio, si struggono, io ve l'ho già detto nella sezione del calorico. Uno specchio collettivo di 4 piedi di diametro, e di 6 piedi di distanza focale produce, per quanto possa parere incredibile, un calore, che vince circa 5000 volte di forza il riscaldamento diretto mediante i raggi solari

Del resto noi possiamo produrre anche con specchi piani, un calore che accende ogni specie di materia combustibile a 3 in 4 cento piedi. A questo scopo non vi occorre altro che di accostare insieme un gran numero di simili specchi, così che riuniti rappresentino in certo modo un segmento sferico. Allora anche i raggi del sole battono più o meno esattamente allo stesso punto. Secondo ogni probabilità nell'anno 212 avanti C., il grande Archimede s'è servito di questo mezzo per incendiare la flotta romana, ch'era innanzi a Siracusa.

c) *Dello specchio collettivo come specchio magico.*

Voi andate una notte buia in un cimitero. Ma appena vi siete giunti, ecco sollevarsi da una lontana tomba una figura con veste sanguinolenta. Se ne va sopra diverse tombe; vi pare udirla ram-

maricarsi; voi la vedete fare ogni specie di moti orribili, e giunta di nuovo al suo soggiorno, ritorna nella tomba: chi mai al mondo potrebbe aspettare che voi rimaneste sicuri e indifferenti a ciò; voi che non avete mai udito nulla de' mezzi, co' quali si producono tali fenomeni? Ma andiamo avanti. Sperando di smascherare un impostore, voi avete forse cuore abbastanza di lanciarvi sopra quel supposto spirito, mentre s'arrabatta in quel tremendo luogo, ma egli non fugge; anzi vi si avvicina, e voi che volevate afferrarlo, voi, come fanciulli che vogliono acchiappare l'ombra che si pinge al muro, stringete l'aria. — È egli dunque da biasimarsi, se voi tremando a verga a verga, la date a gambe, e dite a tutti che avete veduto uno spirito? Già parecchi uomini prudenti sono a questo modo divenuti superstiziosi. S' eglino avessero poi saputo che un artefice in vicinanza del cimitero, forse nella buia camera della casetta del beccamorto, aveva fatto apparire lo spirito per mezzo de' suoi specchi curvi, ahimè, quanto si sarebbero vergognati!

Chi vuole produrre in piccolo simili apparizioni di spiriti, ponga da prima uno specchio collettivo, la cui distanza focale sia di due in tre piedi, in una gran cassetta, internamente tutta intonacata di nero; dipoi adatti in questa un tale apparecchio, che per una apertura praticata nel coperchio, lunga 8 in 12 pollici vi si possano calettare figure umane fatte di legno; all'ultimo metta anche due lanterne nella cassetta, perchè non manchi l'illuminazione necessaria. Or badi bene: 1. Che lo specchio dev'essere volto verso le figure che devono apparire in forma di spiriti, e tanto lontano da esse, che si trovino dietro al foco; e 2. che la luce delle lanterne per mezzo d' un piccolo specchio collettivo posto dietro alla fiamma, sia ribattuta sulle figure, ma non sullo specchio collettivo più grande. Ma come l'imagine viene dalla cassetta all'aperto? Solo per ciò che lascia aperta la cassetta in un certo punto. S'egli ha disposto le cose in modo da poter muovere gli occhi, le braccia e le gambe delle figure, anche le figure aeree fanno simili movimenti, e appariscono allo spettatore tanto più come spiriti che incutano paura e terrore. Ora come possano gli artefici rappresentare gli atteggiamenti del volto e il panneggio degli abiti, ecc. s'indovina facilmente, quando si sa che gli spiriti sono imagini di persone viventi.

§. 10.

Della rifrazione della luce in generale.

Guardate questo vaso! Oltre l'aria, che naturalmente vi si contiene, voi non trovate altro ch'empia il suo spazio interno. Io poso ora una moneta in qualsivoglia punto del suo fondo, e vi prego di situarvi in un luogo dal quale possiate vederla anche dall'orlo. Dipoi io empio pian piano d'acqua il mio recipiente. Mentre io fo quest'operazione, voi scorgete con stupore, che la moneta apparentemente si solleva, finchè da ultimo, giunta ad un certo punto, permane di nuovo quiescente. Un tale fenomeno non è egli degno del nostro esame?

Nella qui aggiunta figura 167, *v v'* sia il vaso; *m* il punto nel quale io ho messo la moneta; *o* l'occhio dell'osservatore; *b* finalmente quella parte dell'orlo, dal quale l'occhio osserva la moneta. Finchè nel vaso si trova soltanto aria, tutti i raggi luminosi che da *m* vanno in *o* per *b*, procedono in una linea retta; tuttavia la cir-

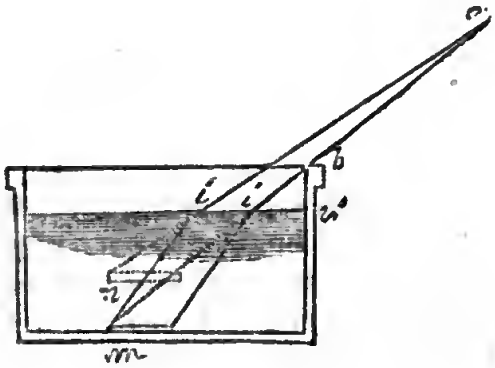


fig. 167

costanza si muta quando io empio il vaso d'acqua. Allora *m* si solleva apparentemente in alto, e un nuovo punto *n*, si presenta all'osservatore. Se voi cercate ora i punti dove i raggi, che da *m* arrivano all'occhio, emergono dall'acqua; cioè i punti *i*, voi non li trovate più come prima in linea retta, con *m* e *b*, e qualsivoglia oggetto p. e. la punta di un compasso che segue l'una dopo l'altra le linee rette *c i o* ed *i m*, e copre due volte all'occhio il punto *m*, v'insegna che il raggio lucido che ferisce l'occhio dell'osservatore,

finchè rimane nell'acqua prosegue la sua via da *m* fino a *i*, in diritta linea, ma in *i*, limite tra l'acqua e l'aria, passa nella cambiata direzione di *i o*. Prima che io ve ne informi più particolarmente, s'imprima ciascuno nella mente quanto segue:

1. *Un raggio lucido, che trapassa obliquamente da un mezzo trasparente in un altro mezzo più o meno denso, si divide nel piano di separazione in tre parti; UNA parte in certo modo è assorbita; la seconda riflessa; la terza penetra nel nuovo corpo trasparente e soffre una refrazione ad esso proporzionata.*

2. *Quanto il raggio lucido cade più obliquo, tant'è più forte la parte riflessa, tanto è più debole la parte rifratta.* — Presupposto che il mezzo rifrangente vinca l'altro in densità, anche un tal raggio, che ha una direzione quasi parallela col piano che separa i due mezzi, è deviato dal suo cammino.

3. *I corpi più densi rifrangono in generale la luce più fortemente che i meno densi.* — Il rapporto di rifrazione, dipende tuttavia non solo dalla densità, ma anche dalla natura chimica dei corpi. I corpi combustibili p. e. rifrangono la luce più fortemente che i non combustibili. Per sventura gli scienziati conoscono ancora troppo poco le attinenze tra la forza di rifrazione, e le altre proprietà dei corpi, perchè io possa accennarvi anche solo in poche parole la legge che qui governa.

4. *Ad ogni rifrazione avviene nella luce una propria variazione,* che al presente io nomino solamente, ma che per innanzi sarà spiegata con bastante esattezza; *io intendo la diffusione de' suoi raggi in una piccola superficie angolare.*

5. *I nomi di raggi d'incidenza e di refrazione, di perpendicolare, di angolo d'incidenza e di riflessione hanno qui lo stesso senso che nella riflessione della luce.* — Che intendiamo noi dunque per raggio d'incidenza e per raggio di refrazione? per perpendicolare? per angolo d'incidenza e di rifrazione? Mostratemi insieme queste linee ed angoli nella qui aggiunta figura 168.

6. La legge *sopra la refrazione dei raggi di luce* è incomparabilmente più difficile a significare che quella sulla sua riflessione, e non potrebbe mai riuscir chiara a quelli che mancano di cognizioni geometriche; suona così:

Se un raggio luminoso trapassa da un mezzo trasparente in un altro mezzo trasparente, non importa se più o meno denso, è rifratto per modo che i seni degli angoli, che forma nei due mezzi con la perpendicolare, hanno un rapporto invariabile con ciascuno dei due mezzi.

Sopra questa bella legge si fonda tutta la diottrica, vale a dire, la teoria della rifrazione della luce. — Sia *c* (fig. 169), il punto in

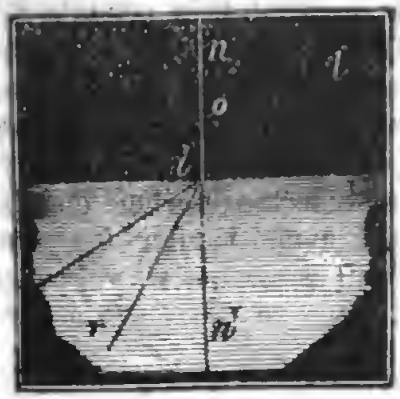


fig. 168

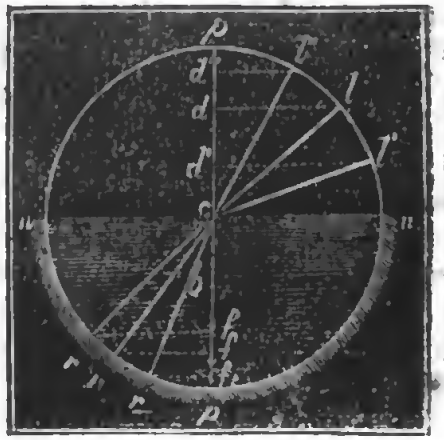


fig. 169

cui un raggio di luce cade sul secondo mezzo; $n\,n'$ il piano, che divide i due mezzi. Se io tiro ora in c la perpendicolare $p\,c\,p$, e col pensiero fo passare per essa, e i raggi d'incidenza $l''\,a$, $l\,c$ e $l'\,c$ un piano, anche i raggi di rifrazione $c\,r''$, $c\,r$ e $c\,r''$ ($l''\,c\,r''$, $l\,c\,r$ ed $l'\,c\,r'$ sono raggi che appartengono ad ambedue) rimangono in questo piano, ma in modo, che gli angoli nel mezzo più denso, che nel nostro caso è l'acqua, vale a dire $p'\,c\,r''$, $p'\,c\,r$ e $p'\,c\,r'$ sono più piccoli che gli angoli nel mezzo più sottile, che nel nostro caso è l'aria, $p\,c\,l''$, $p\,c\,l$ e $p\,c\,l'$. Se io tiro poi $l''\,d''\,l\,d$, $l\,d'$ e $r''\,f''$, $r\,f$, $r'\,f'$ ad angolo retto sulla perpendicolare, io ho in essi i seni dei tre angoli d'incidenza e dei tre angoli di rifrazione già indicati, ed appunto son quelli il cui reciproco rapporto, cada il raggio in che direzione vuole, resta invariabile pei due mezzi. — Il rapporto di rifrazione è espresso, rispetto alla nostra figura, proprio nelle seguenti formole $r'\,f' : l'\,d' = r\,f : l\,d$, o anche $r''\,f'' : l''\,d'' = r\,f : l\,d$ e via discorrendo.

7. *I più importanti rapporti di rifrazione son quelli tra l'aria e l'acqua da una parte, e tra l'aria e il vetro dall'altra.* — Invece di mostrarvi come gli scienziati gli abbian trovati, amo meglio dirvi ad un tratto, che il rapporto tra l'aria e il vetro è circa 3 : 2, e tra l'aria e l'acqua quasi esattamente 4 : 3.

Se un bastone che noi attuffiamo obliquamente nell'acqua, comparisce spezzato; se noi non vediamo i pesci nel loro posto reale, ma di circa 1|4 più vicini alla superficie dell'acqua; se noi vediamo le stelle prima che veramente sorgano, e anche dopo il loro effettivo

tramonto (*); se può seguire un eclissi lunare, quando il sole è già sull'orizzonte; se gli oggetti che si trovano in un'aria più commossa o più riscaldata, apparentemente tremolano (imperocchè la densità ineguale dell'aria fa che i raggi lucidi rifratti ora verso l'uno, ora verso l'altro lato, generalmente non vengono sempre nella stessa direzione al nostro occhio); se le stelle fisse scintillano; se tutti i corpi che stanno sott'acqua, tostochè la superficie ondula, sembrano muoversi, ecc.; tutti questi e molti altri fenomeni che si fondano sulla *rifrazione terrestre od astronomica*, voi potete ora facilmente spiegarveli da voi stessi.

§. 11.

Della rifrazione della luce.

I vetri arrotati sono, come gli specchi, ora *piani*, ora *curvi*. Vi sono vetri piani in buon dato (ne vedete alle finestre d'ogni camera; i curvi sono veramente più rari; ma tuttavia non ci mancano occasioni di vederli), p. e. i vetri d'occhiale, i vetri ustorj ecc., e di fare per loro mezzo gli esperimenti necessari.

a) *I vetri piani.*

I fenomeni che offrono i vetri piani a *superficie parallele*, sono assai semplici. Se si eccettua che guardando per obliquo gli oggetti pel loro mezzo, questi sono apparentemente un poco rimossi dalla loro posizione, noi non conosciamo alcun ragguardevole influsso che possano esercitare. — Non si cambiano mai, p. e. la grandezza e la direzione degli oggetti.

Sia A B C D (fig. 170) la sezione di un vetro piano con facce parallele; *e f* un raggio luminoso, *g h* la perpendicolare, che percuote il punto *f*, ed è tirata sui piani di divisione. Poichè il raggio *ef*, nel suo

(*) Ogni raggio luminoso, che da un corpo celeste scende obliquamente sulla nostra atmosfera, deve, come quello che passa per strati d'aria sempre più densi, e che pertanto continuamente devisto dalla sua via, descrivere una linea curva. Ora sopra questa circostanza si fonda la *rifrazione astronomica*. Se consideriamo inoltre che noi vediamo ogni oggetto nella direzione di quel raggio, che colpisce il nostro occhio, deve il sole, per es., essere ancora visibile quando è tramontato di poco.

passaggio dall'aria nel vetro è rifratto, *f i* può indicare la via, che esso segue nel secondo mezzo trasparente. È chiaro che la sua direzione in *i* si muta per la seconda volta. Presupposto che l'aria abbia la stessa densità avanti e dietro il vetro, ne viene che il raggio di rifrazione *im*, stantechè la luce prende la stessa via avanti e indietro, dev' essere parallelo al raggio d'incidenza *ef*. La mia figura vi mostra inoltre, che l'allontanamento degli oggetti è tanto più osservabile, quanto il vetro è più grosso e quanto noi guardiamo più obliquamente a traverso di esso. I vetri delle nostre finestre ci lasciano le più volte vedere gli oggetti nel loro posto effettivo.

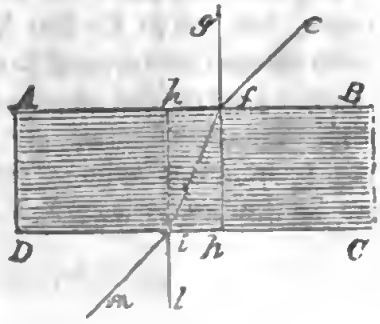


fig. 170

Se noi riguardiamo gli oggetti a traverso vetri piani con facce inclinate l'une verso l'altre, ci fa stupore il vederle assai rimossi dalla posizione. Tutti questi vetri sono chiamati *prismi*. Noi distinguiamo in un prisma: 1. lo spigolo o quella linea in cui i due piani di limite o orli, o si tagliano effettivamente, o si taglierebbero prolungandoli a sufficienza; 2. la *base*, vale a dire, qualsivoglia superficie ora reale, ora imaginaria che sta di contro allo spigolo di rifrazione; 3. *l'angolo rifrangente*, che fanno insieme due superficie del prisma. Specialmente atto agli esperimenti qui relativi, è un tal prisma ch'è limitato da tre piani rettangoli *a b a' b. b c b' c* e *c a c' a'* (fig. 171). Posto che la luce passi qui per i piani *a b'* ed *a c'*, *b c'* sarebbe evidentemente la base ed *a a'* lo spigolo rinfrangente del prisma.

Mentre io vi prego di tenerlo orizzontale dinanzi agli occhi, e di guardare a traverso di quello ad un oggetto determinato, io vi domando specialmente di lasciare per ora inosservati gli orli colorati che si mostreranno; ma di esaminare tanto più accuratamente se effettivamente per un prisma, noi vediamo tutti gli oggetti più bassi e ciò in un grado tanto più rilevante, quanto più essi ci stanno di fianco. L'ultimo fenomeno si fonda sopra il cammino, che un raggio di luce prende nel suo passaggio pel prisma. Chi qua considera ancora che un tal raggio prima che giunga all'occhio, vien rifratto due volte all'insù, e che noi inoltre vediamo tutti gli oggetti in quella direzione che ci porge all'ultimo il raggio, non trova certamente più nulla di misterioso in quel fenomeno. Ora nello stesso esperimento tenete gli occhi immobilmente fermi; perchè solo a questa condizione voi non vedete mai

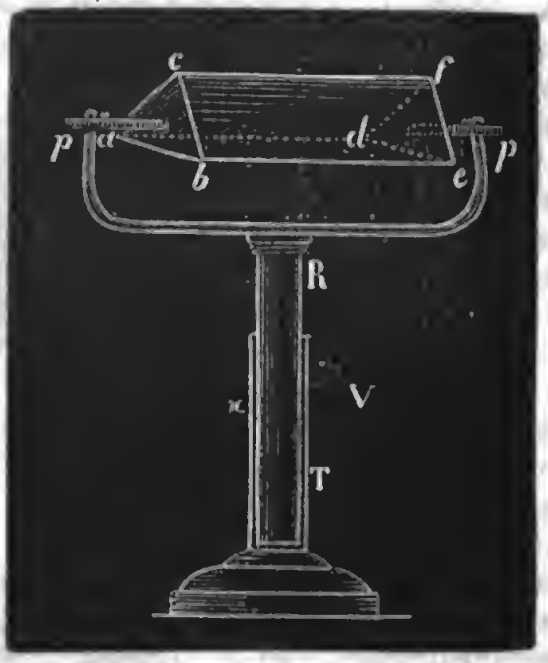


fig. 171

l'oggetto dove speravate vederlo. Le stagge orizzontali delle finestre, vedute attraverso al prisma, sembrano archi col lato rilevato all'insù. Io vi tratteggerò poi la figura che dilucida tutti questi casi.

b) *Dei vetri curvi.*

aa) Dei vetri curvi in generale.

I fenomeni che ci presentano i cristalli a superficie curve, sono tutt'altro e principalmente assai più fecondi, che quelli dei vetri piani. Tuttavia prima che io ve li mostri, è bene che conosciate i seguenti punti:

1. Tutti i vetri curvi, per quanto sian diverse le loro figure, si dividono in due gruppi; *vetri collettivi* o *convergenti*, e *vetri dispersivi* o *divergenti*; la maggior grossezza dei *primi* è nel mezzo; dei *secondi* è agli orli.

2. Quasi a ciascuno degli esperimenti che devo qui instituire, mi varrò solo di *vetri sferici*, vale a dire di quelli che sono porzioni di sfere. Solo i vetri curvi di questa natura si possono preparare facilmente ed esattamente.

3. Nel mezzo di ciascuno di questi vetri, v'è un punto ove le due superficie possono considerarsi, come parallele le une alle altre. Quel punto si chiama il *centro ottico*, e la linea che attraversa ad

angolo retto quelle due superficie, *l'asse del vetro*. Che nell'asse posino *i centri geometrici*, vale a dire i centri di quelle sfere, di cui le superficie formano segmenti, ed anche i fochi, da' quali del resto i semidiametri geometrici non sempre son divisi in due eguali metà (*), non abbisogna per voi di nuove prove, avendo voi già avuto le necessarie contezze sopra i punti e le linee omonime degli specchi curvi. Nei vetri dispersivi i fochi e le distanze focali sono imaginari e negativi.

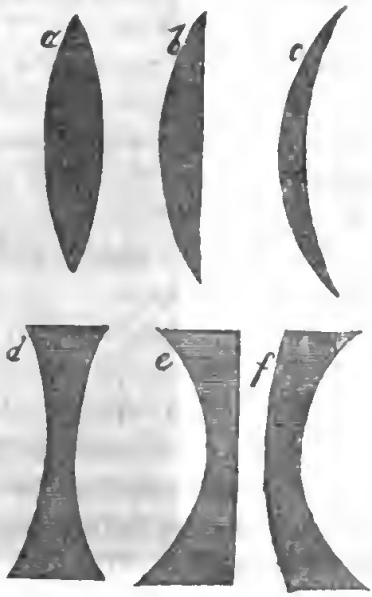


fig. 172

4. Per quanto siano diversi nelle loro figure i vetri collettivi, tuttavia producono quasi sempre gli stessi fenomeni. Lo stesso si dica dei diversi vetri dispersivi. Nella qui aggiunta figura 172 *a* vi mostra *un vetro collettivo bi-convesso*, b *un piano-convesso* e c *un concavo-convesso*; *d* poi mostra un *vetro dispersivo bi-concavo*, e *un piano-concavo*, e *f* un *convesso-concavo*. Il nome di *lenti* o *vetri lenticulari* che noi diamo a tutti i vetri, particolarmente ai piccoli sferici, è preso dal vetro collettivo bi-convesso, che non può mai smentire la sua figura lenticulare. Per i vetri concavi-convessi e convesso-concavi noi ci serviamo anche dei nomi *menischi* o *lunette*.

b b) Dei vetri curvi come vetri collettivi.

Ecco un vetro raccoglitivo. Per trovare primamente il suo punto focale, l'esatto campo focale, io lo tengo contro al sole in modo, che i raggi di lui vengano a percuoterlo normalmente al possibile, e bado bene al punto dietro di lui, dove il cono luminoso ha il diametro più piccolo. Una luce abbagliante ed un calore molto notevole mi appalesano oltre a ciò il luogo da cercare. Dipoi io metto

(*) Nei vetri a superficie curve, rispetto alla situazione del loro foco, tutto dipende se sono fatti di eguali o diverse sostanze rinfrangenti; essi possono pertanto coincidere pienamente nella loro figura l'un con l'altro, e tuttavia non trovarsi i fochi allo stesso punto.

un oggetto, fortemente illuminato, o anche luminoso, p. e. una piccola candela accesa, successivamente: 1. *sopra due diversi punti dell'asse entro alla distanza focale;* 2. *nello stesso foco;* 3. *sopra due diversi punti dell'asse fuori della distanza focale, e lontani al possibile l'uno dall'altro.* Solo così noi ci convinciamo della verità dei seguenti principii:

1. *Finchè la candela accesa sta entro la distanza focale, l'imagine è retta, anch'essa sul medesimo lato del vetro, ed è tanto più grande quanto l'oggetto s'appressa più al foco.*

2. *Giunta nel foco, non ci allieta di nessuna imagine; tutto quello che noi possiamo vedere ancora in questo caso, è un fioco chiarore in lontananza infinita.*

3. *Se la candela ha preso la sua posizione fuori della distanza focale, l'imagine ci apparisce di nuovo; ma al presente è rovesciata, e si libra sull'opposto lato del vetro. Tuttavia la sua grandezza è sempre determinata dalla diversa distanza della candela dal punto focale; quanto essa è più vicina all'indicato punto, tanto più grande apparisce sempre l'imagine; quanto è più lontana, tanto è più piccola. Nel centro geometrico sono l'imagine e l'oggetto di egual grandezza. Se fosse possibile di rimuovere il cero in una distanza estremamente notevole, la sua imagine cadrebbe appunto, come l'imagine del sole, nello spazio focale.*

Nelle figure 173 e 174. V W indica un vetro bi-convesso, F il punto focale, o il centro ottico, e A B una freccia che ha preso

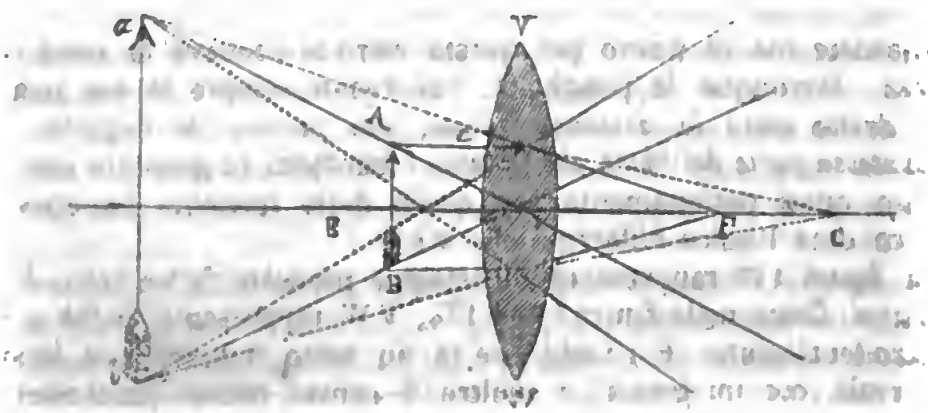


fig. 173

il suo posto nella fig. 173, entro la distanza focale, e nella fig. 174 fuori di essa. Ora rispetto agli indicati raggi di rifrazione, badate ai due seguenti punti: 1. *Ogni raggio luminoso, che tocca il centro*

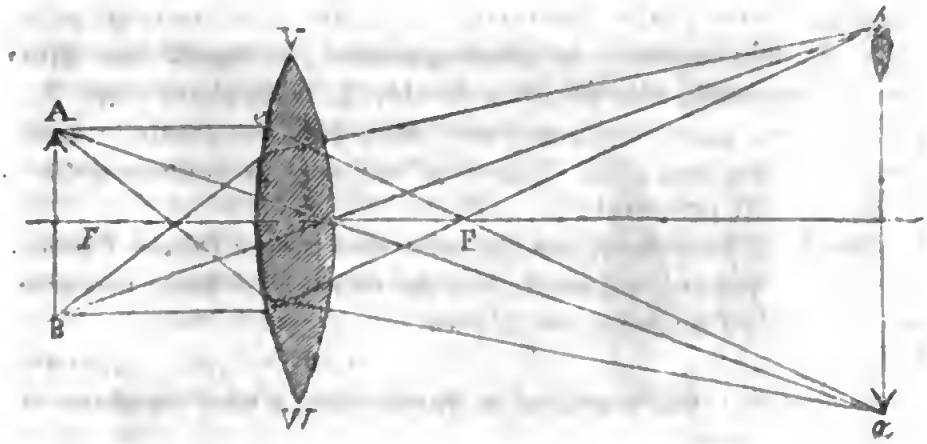


fig. 174

ottico, vale a dire A o *nelle due figure, trapassa non interrotto;* 2. *ogni altro raggio luminoso che cade parallelo all'asse, p. e.* A e, *è riverberato al punto focale.* Essi soli ci danno nelle due figure una sufficiente conoscenza del luogo, della posizione e della grandezza dell'imagine. Se A B si trova esattamente nella distanza focale del vetro, tutti i raggi luminosi che vengono da F dopo la rifrazione vanno paralleli all'asse, e quelli caduti da A vanno paralleli al raggio principale A o. Onde dietro al vetro non si produce nessuna imagine di A B.

cc) Dei vetri curvi come vetri dispersivi.

Guardate ora di nuovo per questo vetro bi-concavo la candela accesa. Dovunque la ponghiate, voi vedete sempre la sua imagine *dritta entro la distanza focale, più piccola che l'oggetto, e dalla stessa parte del vetro che questo.* I fenomeni in generale coincidono quasi perfettamente con quelli dello specchio dispersivo (chi mi dice l'unica differenza che v'è?).

La figura 175 rappresenta un'imagine prodotta da un vetro dispersivo. Come nelle figure 173 e 174, V W rappresenta anche qui il vetro lenticulare; F i fochi che in un vetro concavo non sono mai reali, ma imaginari; o inoltre il centro ottico; finalmente A B la freccia, di cui voi trovate indicata l'imagine nella più piccola freccia *a b*. Il raggio luminoso A o trapassa direttamente, perchè noi anche in un vetro concavo possiamo considerare come parallele le une alle altre le superficie in o; ma il raggio A e dopo la sua rifrazione e per una ragione a voi del pari nota da gran tempo prosegue la via come venisse dal foco negativo F. — Se voi siete poi

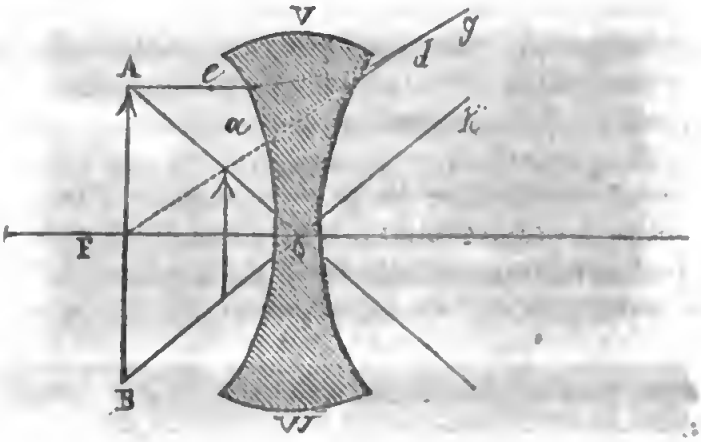


fig. 175

chiari di quello che io vi ho detto sopra le figure 173 174, voi saprete ancora quello che indica ogni riga nella figura 275.—Ora io rivolgo la vostra attenzione sopra i due punti seguenti:

1. Quei raggi luminosi che nelle lenti convesse, in quanto cadono troppo distanti dall'asse, non passano pel foco, ma s'intersecano ora più ora meno vicino del vetro, formano una *caustica*. Volendo renderla visibile, noi non abbiamo a far altro che di lasciar cadere la luce a traverso un vetro convesso in una cassetta piena di negro fumo. Una cassetta del genere indicato ci rende anche buoni servigi in altri fenomeni, che hanno a fondamento la rifrazione dei raggi luminosi.

2. L'ingrandimento a traverso le lenti convesse, come anche l'appiccolimento a traverso le lenti concave si può determinare per le distanze dal vetro. A ciò non ci occorre che di mettere due bastoni divisi in parti eguali a certa distanza l'uno accanto all'altro, e mentre noi con l'un occhio guardiamo a traverso il vetro un certo numero di righe di divisione, osserviamo in pari tempo con l'altro quante righe del secondo bastone trovan luogo fra questi. Un esempio vo lo farà più chiaro. Posto adunque che tra la tacca superiore e l'inferiore nel vetro si trovassero quattro parti, e tra le due righe, viste ad occhio libero (le due linee divisorie superiori stanno naturalmente in linea retta) due parti, allora l'ingrandimento è doppio.

Le applicazioni che noi facciamo dei vetri sferici arrotati, sono tante che incontrastabilmente sono degni anche essi di tutta la nostra attenzione. Ma prima che io ve ne parli, bisogna che abbiate acquistato una cognizione sufficiente così de' colori, come della artificiosa struttura de' nostri occhi.

§. 12.

Dei colori.

Io ho fatto un buco tondo *o* in un'imposta di finestra (fig. 185) e gli ho messo innanzi uno specchio piano *m*: ora vi prego di considerare esattamente l'imagine, prodotta dai raggi del sole che entrano per *o* sopra un paravento che sta direttamente di fronte ad *o*. *Essa vi*

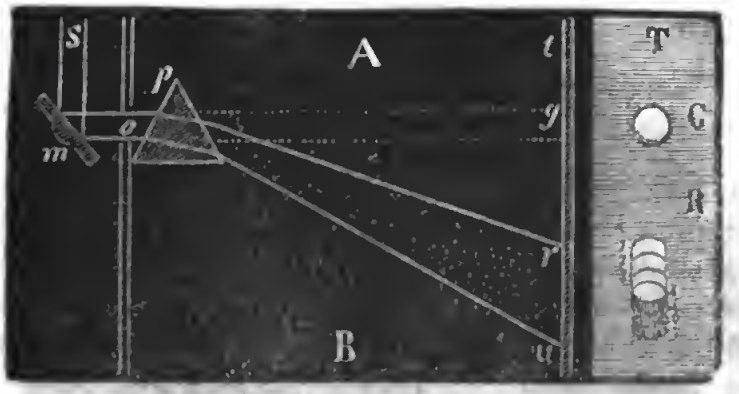


fig. 176

apparisce perfettamente bianca, di forma pressochè circolare (g) e di diametro quasi uguale a quello d'o. Sarà la stessa se io pongo il mio prisma incontro al raggio del sole? Lasciando stare ch'essendo cambiata la direzione dei raggi, ella è rimossa dal suo primo posto e gettata tra *r* ed *u*, voi la trovate *oblunga*, e quello che più vi piace, *ornata di ogni maniera di bei colori*. Questi colori voi li vedete nel seguente ordine: *violato, azzurro o turchino cupo, turchino chiaro, verde, giallo, aranciato e rosso*. Il mio primo esperimento v'insegna principalmente: che *la bianca luce del sole è composta di diversi raggi colorati*.

Ora, come già feci, fo cadere i raggi del sole a traverso o (fig. 177) sul mio prisma, ma facendo un nuovo buco in *o'*, vale a dire nel luogo ove cadono i raggi colorati, fo continuare il suo cammino ad uno di essi, p. e. al violato e rinfrangersi per la seconda volta nel mio secondo prisma *(p')*. Come voi tutti vedete, i raggi non si dividono più oltre. Di ciascun raggio colorato si trova il medesimo; onde non possiamo dubitare della verità del seguente principio: *Ogni raggio del così detto spettro solare è semplice*.

Finalmente dopo che i raggi solari sono stati rifratti nel prisma *p* (fig. 178) io li raccolgo per mezzo di una lente collettiva piuttosto

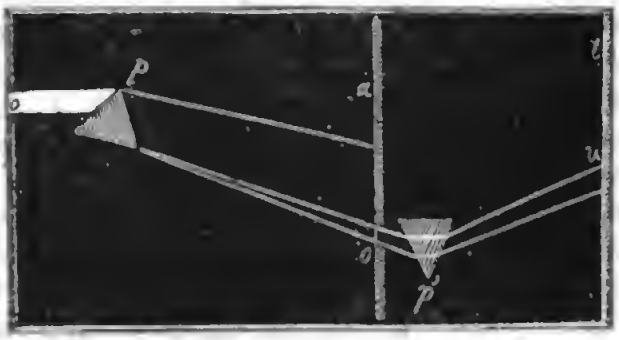


fig. 177

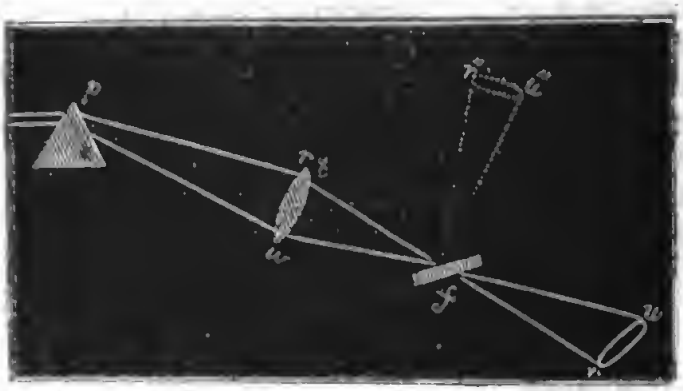


fig. 178

grande *l*. Voi intenderete perchè io faccia così se date solo un'occhiata sull'imagine, che s'è prodotta in *f*, fuoco di quella lente e raccolta o sopra un paravento di carta o sopra un vetro di finestra smerigliato. Ma codesta imagine non è ella *perfettamente bianca*, e dove sono rimasti quei vaghi colori? — Se io non tengo il paravento nel foco *f*, ma più lungi ancora dalla lente, si produce un nuovo spettro solare rovesciato *r' n'*. Se finalmente io pongo uno specchio in *f*, i raggi, essendo riflessi, formano di nuovo uno spettro solare *u' r'*. La verità principale che voi potete ritrarre dal mio terzo esperimento è questa: *Dei colori semplici dello spettro solare si può di nuovo ricomporre la bianca.*

È veramente bella l'imagine colorata che si ottiene nel modo detto; ma ei ci porge uno spettacolo ancora più vago, se noi tenghiamo il prisma proprio avanti agli occhi, e riguardiamo ora un oggetto, ora l'altro. Provate; non li vedete voi tutti inghirlandati d'un magnifico orlo? I loro colori non compariscono tanto più vivaci, quanto gli oggetti da osservare sono più splendidi? e non

vedete voi ornate di brillanti colori particolarissimamente le intelaiature delle finestre, dietro alle quali si vede il cielo? Ad una ispezione un poco più esatta, voi troverete che una parte del telaio è rossa e gialla, e l'altra celeste e violata, e che da nessuna parte si possono vedere contemporaneamente tutti i colori. Il medesimo si riscontra in tutti gli altri oggetti.

Supponete di nuovo che *a b* (fig. 179), sia una finestra od una parete, ed *a* sia precisamente il lembo superiore, *b* il lembo inferiore del detto oggetto; C D sia il prisma, il cui lato acuto D è volto al basso; *a c* finalmente un raggio lucido, che cade dalla parte superiore della finestra sopra C D, vi viene rifratto, e la cui luce rossa si comunica all'occhio nella direzione *e r*. Gli altri suoi colori sono sopra *e r*, e colpiscono tra *r* e *v* la retina dell'occhio.

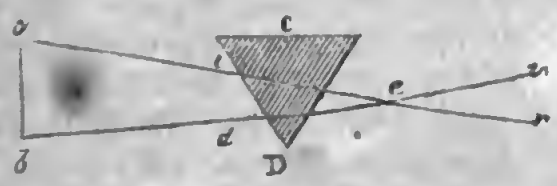


fig. 179

Così *b d* rappresenta un altro raggio luminoso, che dalla parte più bassa della finestra va sul prisma e la cui parte violetta, dopo la rifrazione incrocia il raggio *e r* nella pupilla *e* e penetra nell'interno dell'occhio nella direzione *e v*. I colori meno rifratti di questo raggio vanno al dissotto di *e v* nell'occhio, e tra *v* e *r* sulla retina. Tutti gli altri raggi che dal punto della parete, o della finestra tra *a* e *b* vengono al prisma e toccano l'occhio sol dopo la rifrazione, colpiscono similmente la retina tra *r* e *v*. In questo intervallo i colori dei diversi raggi si mescolano per modo che i colori principali si riuniscono in ciascun punto dello stesso e producono una luce bianca. Solo agli orli rimane predominante da una parte il giallo e il rosso, e dall'altro il turchino e il violetto. Or quando voi guardate una finestra a traverso un tal prisma, situato orizzontalmente, e il cui angolo rifrangente è verso al basso, in breve tal quale ve lo mostra la mia figura, l'estremità superiore della finestra apparisce rossa e gialla, l'inferiore turchina e violata; ma invertendo il prisma, anche i colori appariscono in ordine inverso.

Non potendo instituire parecchi altri esperimenti che si riferiscono a questa materia, io passo subito a indicarvi quello che voi avete a imprimervi in mente sulla luce colorata.

1. Ogni raggio colorato, che noi per un acconcio meccanismo facciamo cadere sopra un secondo prisma, è *ora più ora meno deviato* dal cammino che ha impreso. La maggiore deviazione succede nel raggio violetto, la minore nel rosso. Chi vuol rendersi in qualche modo ragione di questa differente rifrangibilità, s' attenga all'opinione che i colori, secondo tutte le probabilità, dipendono dalla diversa durata di vibrazione dei raggi luminosi.

2. Quei corpi che riflettono la luce in *quella* mescolanza, propria della luce solare, noi li chiamiamo *bianchi*; gli *altri*, che o non riflettono punto di luce, o tanto poco che non fa nessuna impressione sensibile nel nostro occhio, noi li chiamiamo *neri*; *altri poi* che decompongono la luce, in modo simile al prisma, e ci rimandano ora solo *un* raggio colorato, o principalmente questo raggio, ora parecchi raggi diversamente misti, noi li diciamo secondo le circostanze: *violato*, *aranciato*, ecc. *Di qua solo viene la diversa apparenza dei corpi quanto al loro colore.* — E diffatti mirabile in quale varietà appariscono i colori. Una sola specie di colori ha una grande quantità di graduazioni. Guardate solo di primavera un giardino, piantato d'alberi di varie specie, e voi stupirete della ricchezza delle graduazioni in cui vi apparisce il verde delle foglie. E tuttavia non potremmo affermare che le graduazioni di quel colore siano a gran pezza esaurite.

3. Sono di vero interessanti anche tutti quei fenomeni, che ci fanno conoscere i mezzi colori. Per farli in certo modo magicamente apparire, noi non abbiamo bisogno che d'una lente ordinaria e d'un paravento con aperture parallele, che ci renda possibile di coprirle in modo che noi possiamo ottenere a piacere ora due, ora più colori, e dopo la rifrazione da capo riunirli. Non meno acconcio allo scopo indicato è il paleo a colori di *Busolt*. Posto che noi avessimo un paleo comune coperto d'un disco rosso, giallo o turchino, o anche rosso, verde e violetto, e lo mettessimo in un movimento quanto è più possibile veloce, voi lo vedreste nella sua danza quasi perfettamente bianco. Rivestito di carta gialla e turchina, pare *verde*; con carta gialla e rossa pare *aranciato*; con verde e violetta pare *turchino*. — Ora poichè il verde si forma del giallo e del turchino, e il rosso, il giallo e il turchino danno il bianco, ne viene che il verde è chiamato il colore complementare del rosso. Ora giusta gli esempi antecedenti, quale è il colore complementare; 1. del giallo e 2. dell'aranciato? del primo è il violetto; del secondo il turchino. Nonostante tutti questi fenomeni, il dire che la luce del sole consta solo di tre colori, vale a dire di rosso, giallo e turchino, è inconciliabile con le cognizioni che

presentemente abbiamo della luce. La diversa rifrangibilità degli altri colori depone contro quell'asserzione.

4. Essendochè alla rifrazione dei raggi di luce va unita una dispersione de' colori, ne viene, conseguenza invero cattiva, la confusione con la quale noi vediamo gli oggetti a traverso le lenti ordinarie. Per buona sorte noi conosciamo anche lenti di migliore fattura. Vi sono cioè due specie di cristallo, Kronglass, Flintglass, le quali essendochè rifrangano quasi con egual forza la luce, e dispergano i colori in diverso grado, ci rendono possibile di fabbricare tali prismi e lenti, in cui spariscono quasi del tutto gli orli colorati. Cotali prismi e lenti si chiamano *prismi o lenti incolore od acromatiche*. Di che immensa utilità siano specialmente le lenti acromatiche, lo sanno particolarmente gli astronomi, che si devono servire così spesso dei cannocchiali, dei telescopii catottrici o di riflessione, ecc. La lente cristallina dei nostri occhi, essendochè in essa la luce venga rifratta senza dispersione dei colori, non sarebbe ella composta in un modo simile?

§. 13.

Di alcuni fenomeni ottici dell'atmosfera.

a) *L'arcobaleno.*

L'arcobaleno non solo è uno dei più meravigliosi, ma eziandio uno dei più bei fenomeni della natura. Quasi ad un colpo di verga magica, egli apparisce, quando meno ce lo aspettiamo, ai nostri occhi e forma l'ardito e variopinto arco, che tocca co' suoi piedi la terra, e col suo vertice il cielo. Le osservazioni più importanti intorno all'iride sono le seguenti:

1. *L'arcobaleno si fa vedere solo quando noi abbiamo insieme la pioggia e lo splendore del sole; quando inoltre le nuvole e il sole si trovano in parti del cielo opposte l'une all'altre; e finalmente quando quella linea retta che noi possiamo figurarci tirata dal sole a traverso l'occhio dello spettatore, percuote il centro del cerchio di cui quello è parte.*

2. *La sua grandezza dipende dall'altezza del sole sopra orizzonte.* — Più notevolmente si mostra al sorgere ed al tramontare del sole; solo a questo tempo forma un perfetto semicerchio, e s'eleva quasi fino all'altezza di 45 gradi, vale a dire fino alla metà della distanza

tra l'orizzonte, e lo zenith. Gl'inscienti gli attribuiscono per solito un' altezza anche maggiore. La loro illusione procede dalla stessa ragione, per cui la volta dei cieli non ci sembra sferica, com'ella è realmente, ma sibbene schiacciata.

3. *Noi lo vediamo ora intiero, ora in parte: ora semplice, ora doppio.* — Nel caso ultimamente indicato noi parliamo di un *arcobaleno primario* e di uno *secondario; il primo* ci mostra i colori prismatici in tale ordine, che il violetto forma il limite interno; ed il rosso per conseguenza l'esterno; il *secondo*, ch' è parallelo all' arcobaleno principale, ma è assai meno vivo, inverte il detto rapporto; vale a dire ha il violetto a limite esterno, e il rosso a limite interno. Tutti e due gli arcobaleni sono circa 10 gradi lontani l'uno dall'altro; l'arcobaleno principale occupa il punto più basso; l'arco baleno accessorio il punto più alto.

Rispetto all'osservazione primamente indicata, i fisici hanno già da gran tempo affermato che l'arco baleno è *un effetto dei raggi luminosi rifratti nelle gocciole della pioggia.* — E così è veramente. Chi se ne voglia convincere con un semplicissimo esperimento, versi dell'acqua dal becco perforato di un annaffiatoio; o ne sbuffi in aria col mezzo di uno schizzetto, e si metta ogni volta che fa una di queste operazioni in tale posizione, che i raggi del sole possano rifrangersi nelle gocciole della cadente acqua. Un bicchiere d'acqua esposto ai raggi solari nello stesso modo ci allieta dei più vaghi scherzi di colori.

La figura 180 ci dimostra il cammino che i raggi solari seguono in quelle gocciole d'acqua, che formano l'arcobaleno principale. Il circolo *a b c a* rappresenta una piccola sfera d'acqua e *s a*

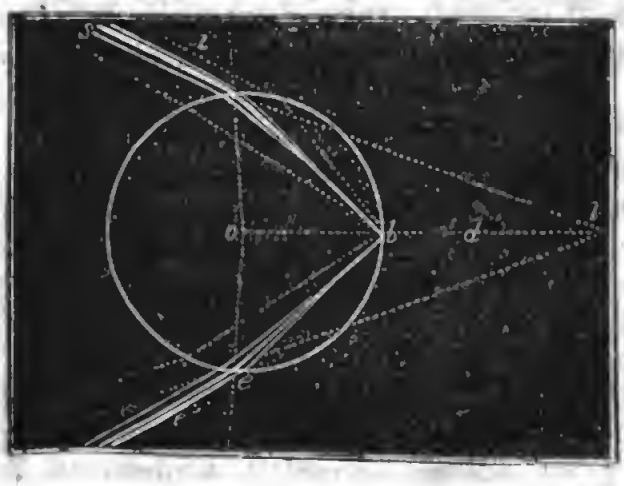


fig. 180

un raggio di sole che la colpisca. Il raggio giunto in *a*, alla superficie divisoria del mezzo trasparente che qui serve all'esperienza, subisce una tal rifrazione, che esso tocca la parete posteriore della gocciola in *b*. Qui il raggio parte è riflesso verso *c*, parte dopo una nuova rifrazione torna nell'aria. Quella prima parte, poichè ha sofferto una seconda rifrazione, lascia in *c* la sfera acquea in discorso, e prende la direzione segnata *c c'*. — Tutto questo processo di fenomeni vi dà occasione a riflessioni diverse.

1. Tutti i raggi solari, che percuotono le gocciole di pioggia, sono da riputarsi paralleli per ragioni, che voi avete già imparato a conoscere, quando prendemmo a considerare gli specchi curvi; ma nell'abbandonare la piccola sfera d'acqua prendono diverse direzioni. Comparate nella figura i cammini dei raggi punteggiati con quelli dei raggi lineati.

2. Stante la seconda rifrazione, che i raggi solari soffrono nelle gocciole di pioggia, essi vengono divisi, come per un prisma di cristallo; onde l'occhio dell'osservatore è percosso sempre da una luce colorata, ora rossa, ora azzurra, ora gialla e simili.

3. Un raggio *isolato* non agisce mai sì fortemente che per se solo possa produrre un'impressione sensibile nell'occhio; questa impressione vien piuttosto prodotta da un fascetto di raggi paralleli. Ma tra gl'innumerevoli raggi, che ci vengono inviati dalla piccola sfera d'acqua, ve n'ha sempre molti di quelli, la cui divergenza è estremamente piccola; ondechè in certo modo formano un fascetto, ed agiscono come raggi perfettamente paralleli gli uni agli altri.

4. Appunto quel fascetto di raggi che viene parallelo produce la nota impressione nell'occhio, e forma un angolo di circa 42 gradi coi raggi incidenti, come è mostrato dalla geometria. Chi apre un compasso ad un tal angolo, e tiene il sommo presso all'occhio, e l'una delle due branche rivolta al centro dell'arcobaleno, troverà sempre l'altra branca diretta verso lo stesso arcobaleno; chi poi, nel fare il detto esperimento, gira il compasso come se con la seconda branca (la prima non muta posto) volesse descrivere un circolo (non tutti i compassi son buoni per un tale esperimento) segna nella nuvola tutto il posto dell'arcobaleno. Noi non abbiamo bisogno di conoscere più che tanto per calcolare prestamente ciascuna volta l'altezza a cui può elevarsi l'arcobaleno ad una certa altezza del sole sull'orizzonte. La differenza tra 42 gradi dall'una parte, e l'altezza del sole dall'altra, determina il più elevato punto dell'arcobaleno. — A quanto ascende l'altezza di un tale arco, quando il sole è elevato di 10, 20, 30 gradi e

via discorrendo? E perchè non scorgiamo noi mai un arcobaleno, quando il sole ha già raggiunto un'altezza di 42 gradi e più? — Nelle nostre regioni il sole arriva in tempo d'estate verso le 9 antimeridiane alla detta altezza di 42 gradi, e verso le 3 pomeridiane cala di nuovo più a basso. Di chè non vi dee far meraviglia se in quella stagione dalle 9 antimeridiane fino alle 3 pomeridiane non si forma mai un arcobaleno, sebbene nel verno si mostri talvolta all'ora di mezzogiorno.

Le gocciole di pioggia che si trovano più in alto formano l'arcobaleno secondario. La via che vi seguono i raggi si scorge nella fig. 118. *sa* rappresenta anche qui un fascetto di raggi. Ora vedendo che il fascetto, in *a*, dove colpisce la sfera acquea *abcd* soffre la prima rifrazione, in *b* la prima riflessione, in *c* la seconda riflessione, e in *d* la seconda rifrazione, voi scorgete chiaramente subito la differenza tra questo processo, e quello che avete imparato a conoscere nella formazione dell'arcobaleno primario. Con l'aiuto

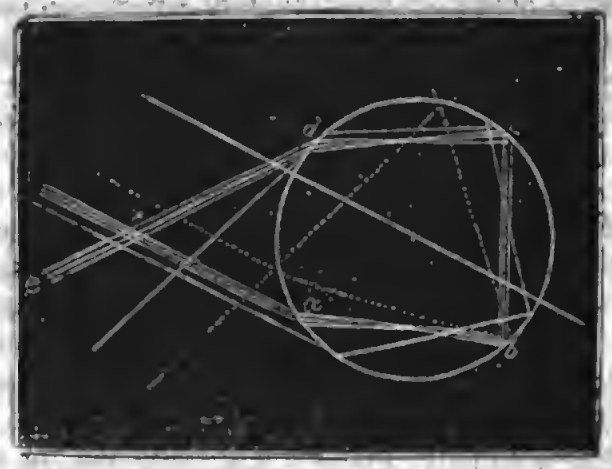


fig. 181

de' teoremi geometrici si dimostra, che il fascetto di raggi che in *d* esce di nuovo nell'aria, arriva all'occhio con quella linea, che prende la sua direzione verso il centro dell'arco, sotto un angolo di circa 52 gradi.

Ma perchè nell'arcobaleno primario il lembo esterno apparisce rosso, e l'interno paonazzo? e perchè avviene appunto il rovescio nell'arcobaleno secondario? Io vi aggiungo ora un'altra bella figura, parte per rispondere a questi quesiti, parte per ripetere tutto ciò che voi già sapete dire sull'arcobaleno. Essa (fig. 182) vi mostra: 1. un uomo, che da O guarda una gran nuvola d'acqua; 2. la linea OP che indica la via dal suo occhio fino al centro del

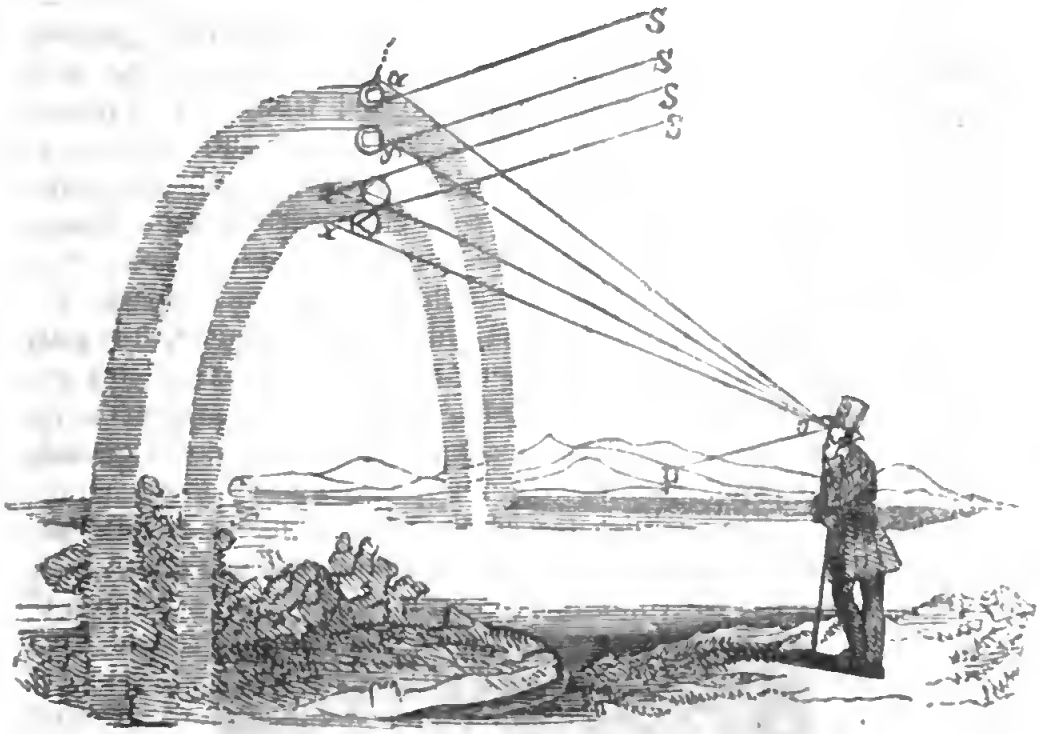


fig. 182

sole, e per conseguenza la via che tengono i raggi incidenti; gli angoli xOP, zOP, yOP ed uOP, sotto ai quali l'occhio dell'osservatore vede ciascun diametro dell'arcobaleno; e che, stantechè OP e Sx, Sz ecc. vengono ad essere linee parallele, sono eguali agli angoli alterni che loro corrispondono SxO, SzO, SyO e SuO. Posto ora che l'angolo xOP ascenda a 40 gradi e 17 minuti, e si faccia xO girare intorno OP, tantochè descriva la superficie di un cono, or tutte quelle pallottoline d'acqua, che si trovassero sul prolungamento di quella superficie non avrebbero appunto la situazione che si ricerca perchè i raggi paonazzi, come i più rinfrangibili, dopo essere rifratti due volte, e riflessi una volta tra le due rifrazioni, emergessero paralleli dalle gocciole di pioggia, ed arrivassero all'occhio in O? In tali circostanze l'osservatore vede sulla nuvola un arco violetto; ma vede anche un' infinita quantità di altri archi, ciascuno de' quali si produce per una sola specie di raggi semplici, ed ha un tanto maggior diametro, quanto meno questi raggi sono sottoposti alla rifrazione. L'arco più largo è formato dall'estremo rosso, e da un angolo zOP di 42 gradi, 2 minuti. Tutta la larghezza della striscia colorata, ed arcuata, sarà pertanto di 42°2′—40°17′=1°45′ e il rosso si troverà in essa alla

estremità esterna, il violetto all'interna. A chi questa dimostrazione riuscisse troppo difficile, consideri soltanto, che i diversi raggi colorati sono rifratti sotto diversi grandi angoli, e che in ciascun istante che noi godiamo questo bel fenomeno naturale, molte gocce di pioggia vengono a posarsi l'una sull'altra. — Se l'occhio p. c. è situato in modo ch'è percosso dalla luce azzurra, gli altri raggi colorati, siccome quelli che si rifrangono meno, trapassano senza azione sotto all'occhio, mentre può forse ricevere i raggi verdi da una gocciola di pioggia posta più in alto (in questo caso i raggi violati, turchini ed azzurri, come i più rifratti, passano sopra all'occhio, ed all'incontro, i gialli, aranciati e rossi, come i meno rifratti, passano sotto); brevemente può darsi che da una serie di raggi posti l'un sopra l'altro l'occhio vegga tutti i colori del prisma.

Osservate inoltre le linee Oy ed Ou, che formano con OP angoli di 50°59' e 54°9', e fatele girare ambidue sotto queste inclinazioni intorno a OP come intorno ad un asse. Non deve allora Oy colpire tutte quelle piccole pallottoline, da cui gli estremi raggi rossi, dopo aver sofferto una doppia rifrazione e riflessione, sono rimandati paralleli all'occhio, e non è forse $o\,u$ la seconda di quelle linee, che segnano i fascetti degli estremi raggi violati? Anche qui noi vediamo tra gli archi descritti tutti i colori prismatici; brevemente vediamo di nuovo una zona che ha di larghezza 54°9'—50°59'=3°10'. In questa zona si vede chiaramente il rosso stare nell'interno, il violetto all'esterno, vale a dire nell'ordine inverso di quello che era nella prima zona. La distanza dei due archi colorati è =50°50' - 42°2'=8°57'. Io tralascio la correzione che occorre perchè il sole non è un punto, ma ha un diametro apparente di 30'; la causa poi, che i colori dell'arcobaleno secondario sono incomparabilmente più deboli che nell'arcobaleno primario, sta nella maggiore dispersione che i raggi soffrono nel più lungo cammino.

Talora s'aggiunge al lato interno dell'arcobaleno primario una seconda zona di colore, alla seconda una terza, e talora una quarta, e sempre nello stesso ordine, tantochè l'arcobaleno apparisce doppio, triplo, o quadruplo. Ordinariamente noi vediamo l'indicato fenomeno solo alla parte superiore dell'arco. Non si può indicare con certezza donde provenga questa moltiplicazione; forse dipende dalla variata figura delle gocciole d'acqua, od anche dalla diversa loro densità.

b) *Dei cerchi luminosi intorno al sole ed alla luna, ovvero dell'alone o corona.*

È noto che la luna, quando la sua luce penetra le nuvole, è cinta da un cerchio pallido o chiaro, ed ora da una, ora da due, da tre o più di tali zone. Qualcosa di simile vediamo nel sole. Se questi cerchi, che portano il nome di *alone* o di *corona*, si sono perfettamente formati, risplendono non di rado con piena magnificenza e ci fanno ricordare quasi involontariamente i vaghi colori dell'arcobaleno. Il puro bianco è limitato p. e. a certa distanza da un bianco azzurrognolo, questo da un cerchio giallo, e più oltre da un cerchio rosso, l'ultimo finalmente mano mano da zone violate, azzurre, verdi, gialle e rosse, come da una seconda serie di colori.

Se voi credete che quei cerchi si trovino effettivamente in vicinanza del sole e della luna, voi non considerate che in tal caso dovrebbero essere veduti da tutti coloro che hanno i detti corpi celesti sopra il loro orizzonte. Ma non è così. Se tra il sole e la luna da una parte, e i detti cerchi colorati dall'altra vi fosse un corpo, col cui aiuto noi potessimo misurare la lontananza reciproca d'ambedue, rade volte avverrebbe di vedere quest'illusione ottica.

I fisici non sono ancora concordi intorno all'origine di questi aloni. Molti gli ascrivono alla presenza di piccole esalazioncelle o bollicine di vapore. Che quest'opinione non sia al tutto da spregiare, si prova con un disco di vetro veramente puro, appannato col fiato, a traverso il quale mirate un lume lontano. Noi facciamo subito il semplice esperimento: Ed ecco: anche il lume ha un alone, che in vicinanza ad esso è colorato in bianco, ad una certa distanza in giallo ed in rosso. Noi replichiamo il nostro esperimento. Così arriviamo a vedere che l'alone apparisce tanto più grande e più bello, quanto sono più sottili le particelle di vapore esalate che si sono ammassate insieme, e che inoltre le zone colorate ad un forte affiatamento, nel che si formano gocciole di rugiada più grosse, ma più irregolari, vengono a formare un cerchio di chiarore pallido. Il fenomeno dell'alone si ottiene straordinariamente splendido, quando si sparga un poco di seme di licopodio sopra un disco di vetro veramente puro, e poi si guardi a traverso di esso la fiamma d'una candela.

Nel modo che spiegammo i cerchi luminosi del sole e della luna, così noi spieghiamo anche altri cerchi, che noi osserviamo talora intorno alla testa della nostra propria ombra, quando quest'ombra viene a ad essere cinta da una nebbia.

c) *Dei parelii e parascleni.*

Molte volte noi non vediamo un sole unico, ma due, tre, quattro, cinque, sei, anzi sette; e talora non una sola luna, ma due, tre, e parecchi astri simili. La figura 183 rappresenta il fenomeno quale noi abbiamo spessissimo occasione d'osservarlo. Tutti i parelii e paraseleni cedono sol di poco in bellezza e splendidezza di colori agli stessi arcobaleni, ed appariscono ornati di quei cerchi

fig. 183

che voi avete imparato a conoscere negli aloni del sole e della luna. Per solito scompaiono dopo pochi minuti. Essi del pari non sono altro che imagini del sole e della luna, che vengono riflessi nei vapori, come da uno specchio.

d) *L'azzurro del cielo.*

Secondo lo stato dell'atmosfera il cielo sereno ci apparisce ora più ora meno azzurro; anzi sull' alte montagne apparisce talora quasi nero. Ma qual è la migliore spiegazione di questo fenomeno? Se l'aria fosse perfettamente trasparente e non riflettesse pertanto alcun punto di luce, noi vedremmo il cielo tutto nero, e risplendere su lui il sole, la luna e le stelle. Ma l' aria riflette la luce, specialmente l'azzurra; onde procede che lo spazio celeste in sè e per sè oscuro, apparisce tinto d' azzurro. Quanto più c' innalziamo nell'atmosfera tanto più questa tinta è sottile, e per conseguenza anche il cielo è più oscuro.

e) *Il rosseggiar del cielo la sera e la mattina.*

Tutti e due i fenomeni dipendono probabilmente dal vapore acqueo contenuto nell' aria. Il vapore in uno stato gaseiforme è perfettamente trasparente, e lascia passare tutti i raggi che formano la luce bianca in eguale proporzione. Ma avviene altrimenti di lui quando passa allo stato vaporoso; allora favorisce i raggi rossi e gialli più che gli altri; vale a dire non pone quasi nessun impedimento al loro passaggio. Quel passaggio ha luogo: 1. verso il tramonto del sole quando comincia a formarsi la rugiada; e 2. verso il sorgere del sole quando in conseguenza del riscaldamento dell' atmosfera, e della superficie terrestre per opera dei raggi del sole, la rugiada si trasforma di nuovo in un liquido gaseiforme. Il rosseggiar del cielo alla sera si considera come un indizio di buon tempo, e all'incontro il rosseggiar mattutino come un annunzio di tempo cattivo. Anche in ciò si accorda la detta teoria. Se cioè l' aria è riccamente carica di vapori d' acqua, il sole nel suo tramonto non può apparire che in una luce debolmente arrossata. Al contrario quando l'atmosfera è molto carica d'umidità, è d'aspettarsi un vivo rosseggiante mattino.

f) *Del crepuscolo e dell'alba.*

Così si chiamano i noti trapassi, tanto benefici ai nostri occhi dalla luce alle tenebre, o al contrario, dalle tenebre alla luce. — Sono facili a spiegare. — Il crepuscolo dipende da ciò che l'aria alla plaga occidentale, e le particelle d'acqua che vi sono sospese

sono illuminate ancora dal sole, poi che questo è sparito dai nostri occhi, e che inoltre queste particelle d'aria e d'acqua illuminate ci mandano una luce che di mano in mano va sempre più decrescendo. Lo stesso avviene rispetto all'alba. Il sole prima di mostrarcisi illumina gli strati aerei superiori dell'orizzonte occidentale; ma questi riflettono una parte della luce ricevuta, e producono il fenomeno che noi chiamiamo *alba*.

g) *La luce zodiacale.*

La *luce zodiacale*, che quasi soli gli abitatori delle regioni tropicali riescono a vedere, consiste in una splendida zona, che prima del tramonto del sole si mostra all'orizzonte orientale, e dopo il tramonto all'orizzonte occidentale. L'imagine qui *a y* giunta (V. fig. 184) può darvi un'idea chiara di questo singolare fenomeno. Molti fisici tengono la luce zodiacale per un effetto dell'atmosfera solare; altri l'ascrivono, e certo con ragioni sostenibili, ad un cerchio di nebbia tratto intorno al re del giorno.

§. 14.

Dell'organo della vista nell'uomo.

Prima che io vi descriva l'organo, pel quale noi scorgiamo i fenomeni luminosi, e senza cui il nostro commercio col mondo esteriore sarebbe quasi confinato alla distanza a cui aggiungono le nostre mani, anzi impedita la più viva attività dello spirito; chiudete per alcuni secondi gli occhi, e considerate in questo stato le infinite obbligazioni che voi avete alla vista! Le primavere fiorenti, i cieli stellati, la magnificenza del rosseggiar del cielo al mattino ed alla sera, il sorriso d'innocenti bambini, lo sguardo eloquente di un occhio espressivo vivace, sarebbero perduti per voi se il Creatore vi avesse negato quell'organo. Ora imparate a conoscere più particolarmente la sua composizione.

Destinato a guidare le membra nei loro diversi movimenti questo organo fu collocato nella parte anteriore del corpo. Tutte le pareti ossee della cavità rotonda, in cui è locato, lo difendono egregiamente; la sostanza molle, grassa, compressibile, da cui è circondato, gli consente di obbedire puntualmente, senza lesione, ne' suoi movimenti, a certi muscoli a forma di nastri che con un'estremità son fissati

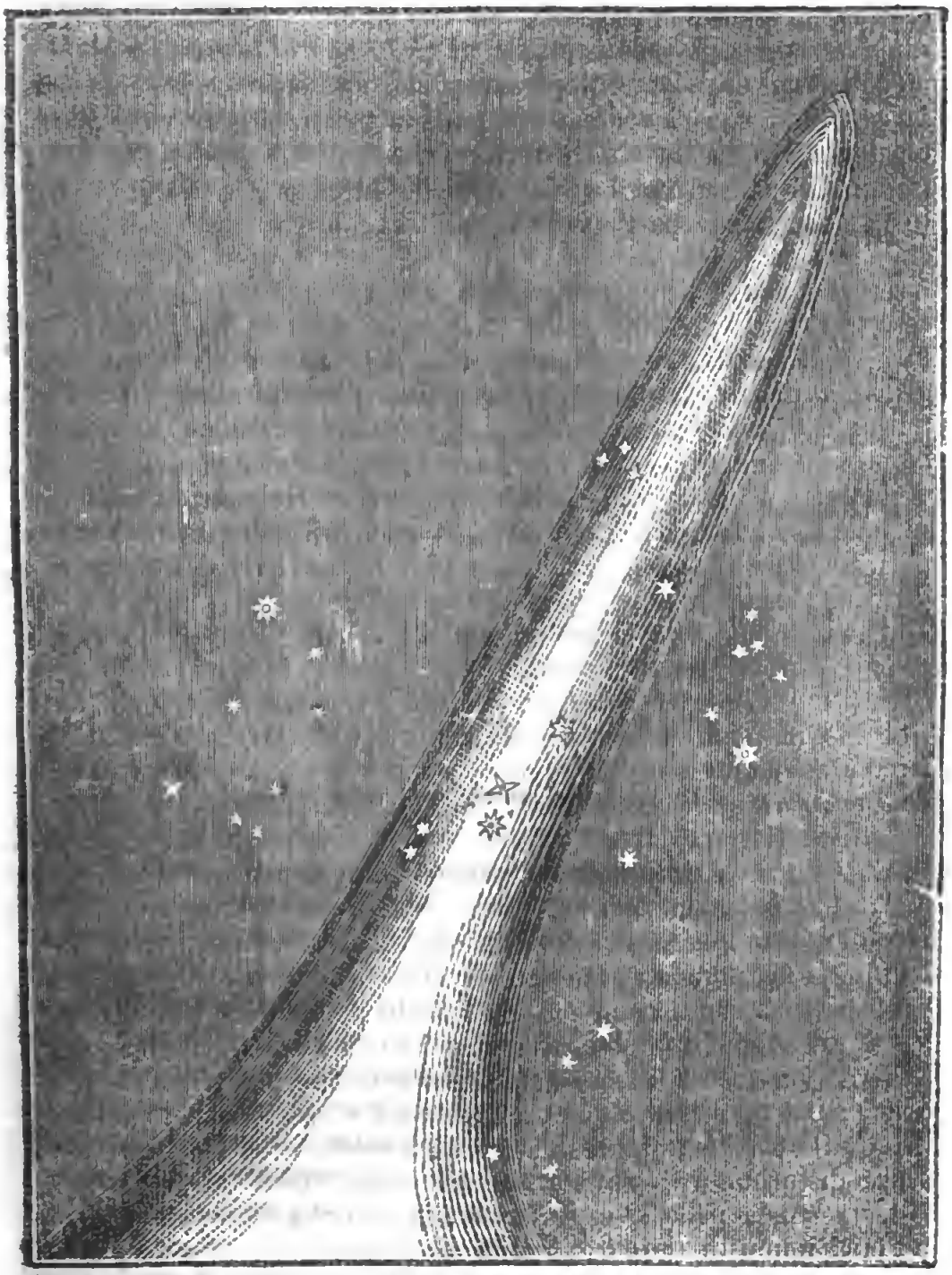


fig. 184

alla superficie esterna della pupilla, con l'altra all'interno dell'orbita. Parti esterne dell'occhio assai importanti sono le palpebre

e le sopracciglia; le *palpebre*, che si aprono e si chiudono con la rapidità del lampo, sono munite di peli, che impediscono ai più piccoli atomi di polvere di penetrare nel santuario dell'occhio; le *sopracciglia*, che si vedono ora più ora meno folte, servono principalmente a trattenere il sudore che scorre non di rado dalla fronte dell'uomo quando dura qualche fatica o fa qualche sforzo. Io ora vengo alle parti proprie dell' organo costrutto con tanto singolare artificio.

Qualunque occhio vi ponghiate a considerare, voi distinguerete sempre il bianco, come quella membrana che non lascia passar la luce, dalla pupilla, ch' è nera nel mezzo, ed è cinta d' un orlo grigio, bruno o azzurrognolo. Da questa diversa orlatura noi determiniamo nella vita comune il colore degli occhi. Se io spacco al presente un occhio umano (potrei servirmi ancora dell' occhio d' un bue, d' un cavallo ecc.), dopo averlo fatto gelare, nella direzione del suo asse, vale a dire dall'avanti all'indietro, voi vedete chiaramente nelle sue facce diametrali i tre mezzi che devono riguardarsi come le sue precipue parti.

Il mezzo anteriore forma un menisco convesso-concavo, è pieno di un liquido trasparente, ed è chiamato l'*umore acqueo*. A questo mezzo segue la *lente cristallina*, la parte principale dell'occhio. È posta in una membranetta sottile, la capsula lenticolare, è solida, trasparente, più convessa nella parte posteriore che nell' anteriore; ed in generale ha quasi la forma di una lente collettiva. Il terzo mezzo occupa lo spazio più interiore dell' orbita. Figuratevi una materia trasparente di densità gelatinosa, o anche tale, che sia simile a vetro fuso; e voi vi farete una giusta idea di questo mezzo, che porta il nome di *umore vitreo*. Ambidue i fluidi si distinguono poco dall'acqua nella loro capacità rifrattiva. Tutti e tre i mezzi sono poi cinti d'altrettante membrane.

La prima pelle (noi contiamo dal di fuori al di dentro) è la *cornea*. Veramente il suo nome indica le sue più rilevanti proprietà; ma non dice ch'essa si assottiglia anteriormente, e qui principalmente è trasparente, perchè la luce possa penetrare oltre senza disturbo.

La seconda pelle si espande sotto alla precedente, è oscura e porta il nome di *coroide*.

Della terza membrana finalmente, che la maggior parte degli anatomici tiene per nervea e per la propria sede della visione, notate soltanto ch'è grigio-biancastra, sembra nascere dalla midolla del nervo ottico ed è chiamata la *retina*. L'*iride* viene sotto alla cornea trasparente come una continuazione della coroide, forma

un anello, la cui interna apertura rotonda si chiama *luce* o *pupilla*, e possiede la mirabile proprietà di allargarsi alla luce più forte, e di contrarsi alla luce più debole, senza che noi punto vi concorriamo.

Ma quest'apparecchio tanto artificiosamente costrutto come agisce in particolare e in generale? Figuratevi 1. sotto *l l'* (fig. 185) un oggetto, che getta una quantità di raggi da tutti i punti, siano questi luminosi o solo illuminati; 2. sotto le tre linee che muovono da *l*, e sotto le tre altre che muovono da *l'*, quei coni lucidi che a traverso la pupilla *s s'* penetrano nell'interno dell'occhio, e i cui raggi medii *l m* e *l' m'*, senza deviare menomamente dal loro cammino si prolungano (passano com'è noto a traverso il centro

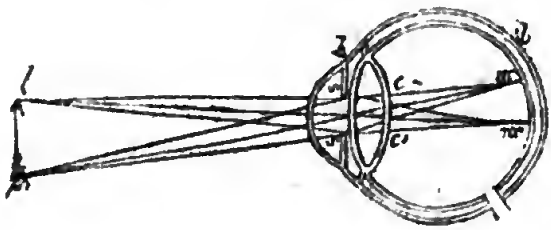


fig. 185

della lente cristallina *c c'*) e determinano sulla retina i punti *m* ed *m'*, tra cui dee pingersi *l l'*. Ora vi sarà chiaro anche il resto. I raggi *l e* e *l' s'*, come quelli che percuotono la lente cristallina sotto un angolo obliquo, devon soffrire una rifrazione. Ond'essi concorrono coi raggi *l m* ed *l' m'*, vale a dire in *m* od *m'*. Dopo queste spiegazioni è chiaro, che sulla retina dee prodursi una piccola imagine rovesciata *m m'* dell'oggetto *l l'*. Notate ora i seguenti punti:

1. Che l'imagine prodotta sulla retina sia effettivamente *rovescia*, si dimostra facilmente per mezzo d'un occhio d'uomo o di bue, cavato poco tempo dopo la morte. Difatti se noi assottigliamo la parte posteriore del duro involucro del detto organo, per modo ch'esso diventi trasparente, e presentiamo poi alla cornea un oggetto luminoso, p. e. una candela accesa, noi vediamo nel fondo dell'occhio un'imagine rovescia assai piccola, ma distintissima, dello stesso colore dell'oggetto, e che cresce o decresce di grandezza secondo che noi lo accostiamo più o meno alla lente cristallina. Ora io lascio fare a voi un notevole esperimento. Perforate con un ago questa carta da giuoco; mettetevela poi innanzi

ad un occhio, tantochè vediate la fiamma d'una lucerna a traverso il piccolo buco; dipoi fate passare innanzi a quell'occhio la punta d'un temperino, ed avrete il singolare fenomeno, che la punta del temperino, s'è volta dal lato sinistro, entra per quel buco nella fiamma dal lato destro, e dal dissotto, quando viene realmente agitata dal di sopra. La causa di questo è riposta soltanto nella posizione rovescia degli oggetti.

2. V'è un punto nell'occhio, dove l'imagine non ci dà nessuna sensazione della visione. Chi vuole imparare a conoscerlo, segni sopra un foglio di carta bianca due macchie nere di forse una linea di diametro, e lontane un pollice e mezzo l'una dall'altra; le tenga in posizione orizzontale avanti agli occhi, chiuda l'occhio destro e diriga il sinistro sul punto che sta a destra, e mentre egli accosta la carta alla vista alla distanza di sei pollici, osserverà che il punto che sta a sinistra gli resta nascosto, sebbene lo guardi non solo ad una distanza maggiore, ma anche ad una distanza considerevolmente minore. Questo esperimento non ha nessuna difficoltà per coloro che possono affiggere immobilmente l'occhio sopra quell'altro punto. Misurando precisamente la posizione, che l' oggetto e per conseguenza l' imagine altresì dee prendere per divenire invisibile nel modo esposto, noi siamo venuti nel convincimento, che il punto in cui il nervo ottico entra nell'occhio, e non s'è ancora diviso in diramazioni abbastanza sottili, coincide col punto che abbiamo indicato.

3. L'esperienza insegna che noi non vediamo bene distintamente gli oggetti o troppo vicini o troppo lontani, e che per ogni occhio v'è una certa distanza in cui egli vede meglio le cose. *Questa lontananza si chiama il* limite della visione chiara *e nell' occhio sano si è stabilita da* 8 *in* 12 *pollici.* Volendo voi conoscere a quanto ascende per la vostra vista, non avete bisogno che di tenere proprio vicino avanti ad uno de' vostri occhi due piccole colonne d' una carta, parallele, distanti circa 2|5 di linea l' una dall'altra, e accostare poi e scostare uno scritto finchè voi vedete perfettamente chiaro, o finchè la sua imagine cade esattamente sulla retina. Quegli uomini che devono allontanare notevolmente gli oggetti per osservarli perfettamente sono presbiti? E ch' è la miopia?

4. Per vedere bene scolpitamente un oggetto, dobbiamo aver cura, che la sua imagine cada nella retina. Gli occhi sani non abbisognano per ciò di veruno instrumento artificiale. Secondo le ricerche che il medico inglese *Hume*, institul insieme a *Ramsden*, artefice ed osservatore egualmente ingegnoso, a volere raggiun-

gere l'inteso fine, devono solo quei piccoli muscoli già sopra più largamente mentovati, venire ora in maggiore, ora in minore attività. Se p. e. noi li tendiamo fortemente, elevandosi la piegatura della cornea trasparente, rafforziamo la rifrazione dei raggi lucidi, ed accostiamo l'imagine alla lente cristallina, più che senza questo non avverrebbe. La cosa va al tutto diversamente, quando noi lasciamo nel loro rilassamento i muscoli indicati; allora si prolungano notevolmente i coni luminosi, perchè la cornea è troppo schiacciata, e si riuniscono pertanto solo a maggiore distanza dall'imagine. Che deve fare adunque un uomo di vista sana, se vuole ottenere imagini scolpite degli oggetti che sono ad una distanza da non poterli vedere chiaramente? è evidente ch'egli tende fortemente quei muscoli (si chiamano *muscoli distendenti e rilassanti*), quando gli oggetti sono 8 pollici lontani dagli orli; ed all'incontro li rilassa al possibile quando essi rimangono in un luogo dove sono meglio visibili.

5. Se volete voi mantenervi lungo tempo buona la vista, ch'è il più nobile di tutti i sensi, fuggite diligentemente tutto ciò che le rechi pericolo! Guardatevi primamente di passare troppo velocemente da un luogo oscuro in un luminoso, o per converso da un luogo luminoso in un luogo oscuro. Anche nelle sere buie, guardatevi dal mirare i lampi, perchè furon di quelli che ne divennero ciechi in sul bel del campo, o splendendo il sole, di girare spesso ed a lungo per la neve che ve ne riflette sugli occhi i vivi raggi, ecc. Non è meno pregiudizievole il leggere o scrivere all'incerta luce crepuscolare; o servirsi di certi paralumi che abbuiano forte una parte della stanza (i buoni sono quelli di color pallido e trasparente), ecc. Finalmente non lasciate di andare a passeggiare assiduamente sui verdi prati, nei vaghi boschetti di faggio o di betulla. Imperocchè nulla è forse così benefico agli occhi, come le foglie e i gambi d'erba nuovamente germogliati. Che abbiate a fare, quando i vostri occhi sono già guasti, io ve lo dirò quando saremo a parlare degli occhiali.

6. Non è punto difficile rispondere alla domanda: *donde viene che noi vediamo* DIRITTI *gli oggetti, mentre essi si dipingono* ROVESCI? Considerate innanzi tratto che le imagini hanno tra loro la stessa situazione che gli oggetti, e che pertanto, quando questi compaiono rovesci sulla retina, anche la superficie della terra deve pingersi rovescia. Guardatevi poi dal dichiarare così il misterioso fenomeno, come se l'anima stesse in un certo modo sulla retina, e quivi riguardasse l'imagine. Non vedete voi sempre gli uomini coi piedi, gli alberi con le parti inferiori del loro tronco, le case

con le loro fondamenta, ecc., sopra il suolo? Come adunque alla vostra anima potrebbe apparire alcun che capovolto? — Solo allora ci sarebbe lecito di parlare di un tale stravolgimento, quando noi p. e. vedessimo un uomo rispetto ad un altro in una posizione che avesse il capo dove l'altro i piedi, ecc.

7. *Perchè vediamo noi gli oggetti* SEMPLICI, *mentre abbiamo due occhi?* — Voi comprendete certamente che noi vediamo gli oggetti semplici allora soltanto che gli assi de' nostri occhi, vale a dire, quelle linee, che congiungono il centro della retina col centro della lente cristallina e della pupilla, sono diretti sopr'essi, o nel caso che abbiano preso una tal posizione che rifrangono i loro raggi luminosi verso due punti coincidenti sulla retina dei due occhi. Del resto noi possiamo vedere un oggetto a tutto nostro arbitrio semplice o doppio. Tenete innanzi agli occhi due dita dritte e che stiano l'uno dietro all'altro per modo che l'uno sia lontano circa *un* piede e l'altro circa *due* dalla vostra vista, e dirigete poi gli assi degli occhi ora sul dito anteriore, ora sul posteriore; e nel primo caso voi vedrete doppio il dito inferiore, e nel secondo l'anteriore. Questo fenomeno vi riuscirà chiaro nelle fig. 186 e 187. L e R siano i due occhi, A e B gli oggetti che si trovano in diverse distanze avanti a loro. Ora chi, come nella fig. 186,

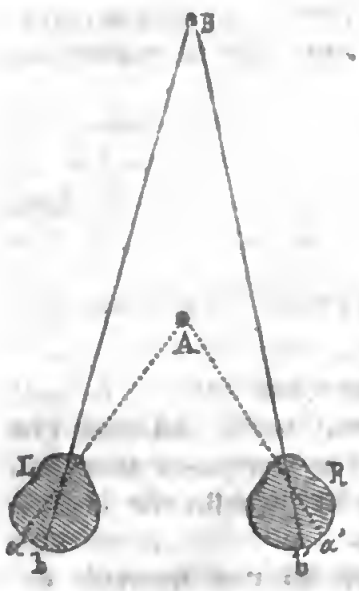


fig. 186

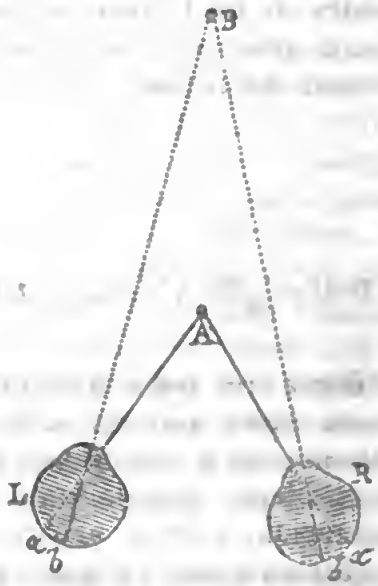


fig. 187

fissa A, vale a dire v'indirizza gli assi de' suoi occhi, riceve le imagini *a* ed *a'* esattamente sul mezzo della retina. La cosa va

diversamente allo stesso tempo con le due imagini di B, o forse nel caso indicato, vale a dire nel fissamento dell'oggetto A, l'imagine di B non sta nell'occhio sinistro a destra della retina, e nel destro alla sua sinistra?

Ma in questa circostanza, che cioè *b* e *b'* prendono sulla retina posizioni diverse e non corrispondenti tra loro, noi possiamo cercar la ragione perchè noi vediamo doppio l'oggetto B, quando gli assi dei due occhi sono diretti in A. Chiaritelo anche nella mia seconda figura (fig. 187). — Donde proceda finalmente che noi vediamo semplici allo stesso tempo un' intiera fila di oggetti, vi viene spiegato dalla fig. 188, in cui L e R, rappresentano come precedentemente i due occhi, ed A B e C tre diversi oggetti che stanno loro dinanzi. Osservate solo in essa, che nei due occhi le imagini di A, B e C si seguono nello stesso ordine che gli oggetti. Solo perchè di *b* e *b'*, che percuotono il centro della retina, le imagini *c* e *c'* stanno a sinistra e le imagini *a* ed *a'* a destra, i due occhi vedono l'oggetto C a destra, l'oggetto A a sinistra di B. Tuttavia se così sia effettivamente è ancora incerto; ma in generale tutto si concatena mirabilmente, che la spiegazione è molto probabile.

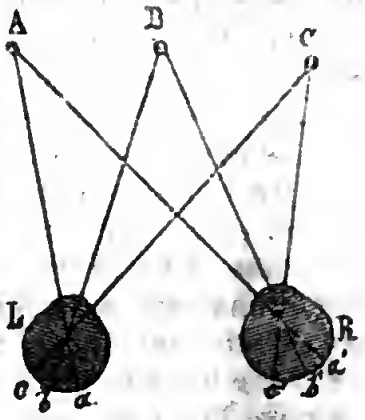


fig. 188

§. 15.

Dell'angolo visuale, o della grandezza apparente degli oggetti.

Dopo aver posto il mio regolo in posizione verticale, io lo vado mano mano accostando sempre più ai vostri occhi. Ed ecco che tocca quasi il viso d'*uno* di voi. Or dite: non acquista tanto più d'estensione, quanto più si avvicina agli occhi? Quello che avviene del regolo, avviene pure d'ogni altra cosa.

Quanto apparisce piccola p. e. una torre ad una notevole distanza, ed all'incontro quanto apparisce grande, allorchè noi le ci siamo appressati alla distanza circa di 20 piedi. E non vi sono inoltre cose, che si furano del tutto alla vista, perchè o sono troppo piccole, o sono troppo distanti da noi? — Notate qua.

1. *Noi vediamo ciascun oggetto pel lungo o pel largo tra due linee rette che muovono da due punti estremi opposti, e formano un angolo nell'occhio, dove s'incontrano. Quest'angolo si chiama l'*ANGOLO VISUALE *o il* DIAMETRO APPARENTE *dell'oggetto.* Se A B (fig. 189) rappresenta un albero, e c l'occhio dell'osservatore, noi non abbiamo bisogno per concepire l'angolo, che di figurarci delle linee rette tirate da A e B verso C. — Dite qual'è in questo caso l'angolo visuale.

2. *La grandezza dell'angolo visuale nell'identica o eguale distanza dell'occhio si regola al tutto secondo la grandezza dell'oggetto.* — Se A B (fig. 189), consegue l'altezza di A D, l'angolo visuale non è

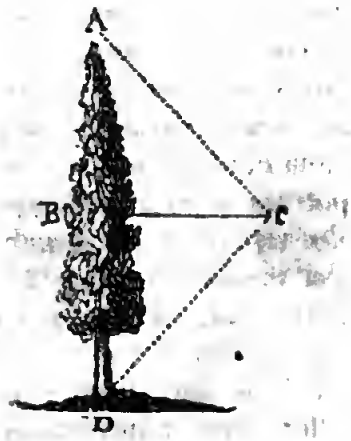


fig. 189

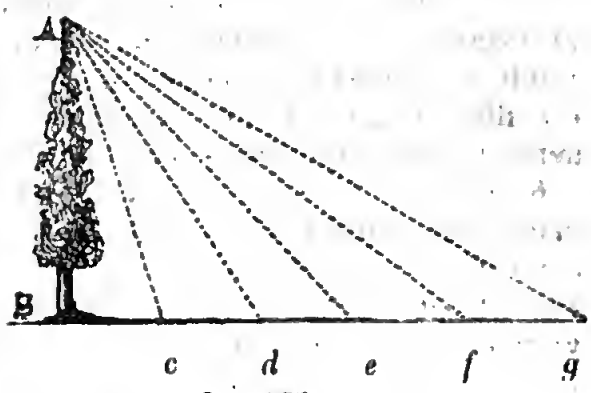


fig. 190

più A c B, ma A c D. Ma che inoltre A c B ed A c D, se A B e B D sono eguali, stanno tra loro come 1 a 2, lo insegna l'occhio, onde non è mestieri di prova.

3. *Quanto più l'occhio si dilunga da un oggetto, tanto l'angolo visuale si fa più piccolo; quanto più l'occhio s'avvicina, più l'angolo detto si fa grande.* — Figuratevi in A B (fig. 190) la grandezza invariabile di un corpo, e in ciascuno dei punti *c*, *d*, *e*, *f*, *g* l'occhio dell'osservatore. Non è forse A c B più grande che A *d* B? A *d* B più grande che A *e* B? A *e* B più grande che A *f* B Finalmente A *f* B che A *g* B? Nel rispondere a questi quesiti altri rammenti il teorema geometrico sopra l'angolo esterno d'un triangolo.

4. *Se l'angolo visuale è troppo piccolo noi non siamo più in grado, poichè la sensibilità della retina ha i suoi limiti, di riconoscere o di distinguere gli oggetti.* — Ordinariamente un oggetto cessa di esserci visibile, quando il suo angolo visuale non ascende che a 30 secondi, vale a dire alla 120ª parte d'un grado.

Digitized by Google

5. *La visibilità d'un punto o d'un oggetto non dipende tuttavia soltanto dalla grandezza dell'angolo visuale, ma eziandio dal rapporto in cui la sua propria luce sta alla luce del fondo su cui è veduto.* — Così p. e. un oggetto molto luminoso può essere visibile sopra un fondo oscuro anche sotto un angolo di un secondo. Ma come al contrario un oggetto sparisca, quand'anche si trovi sotto un angolo molto più grande, quando la sua luce spicca debolmente verso il fondo, voi potete convincervene ottimamente con due tavole da voi egualmente lontane, sopra l'una delle quali s'è fatto un cerchio nero sopra un fondo bianco, e sull'altra sopra un fondo scuro.

Se i due filari d'alberi d'un gran viale sembrano sempre più strettamente convergere, quando noi dall un capo vi guardiamo a traverso; se le torri con sottili ornati, p. e. con acute punte, piccoli torrioni e simili, ad una notevole distanza paiono lisce e tonde all'occhio; se un campo di grano o di rape, visto parimenti da un punto di distanza remoto, mostra essere una coperta unita verde o gialla; di questi e molti altri fenomeni potranno certamente rendersi conto coloro che conoscono l'angolo visuale degli oggetti.

6. *In tutti gli oggetti che noi scorgiamo per mezzo del senso della vista, noi giudichiamo la situazione, la grandezza, la figura e la distanza solo dalle esperienze che noi sopra ciò, dalla gioventù in poi, abbiamo raccolto.* — Noi sappiamo p. e. che un uomo è più grande che un fanciullo; che inoltre differiscono notevolmente l'uno dall'altro rispetto all'andare, al portamento, ecc.; se noi da un alto edificio guardiamo giù nella strada, questi ci apparisce fanciullo, quegli un adulto, sebbene gli angoli visuali siano quasi eguali. Non è questa un'illusione? — V'ha di più. Noi distinguiamo solo col mezzo della vista un dado da una palla; noi sappiamo qual corpo in una stanza c'è più vicino, quale più lontano. Anche in questo i numerosi esercizi precedenti ci rendono ottimi servigi. I ciechi nati che sono tanto fortunati da acquistare la vista, non possono effettivamente distinguere alla prima occhiata l'uomo da un bruto, il cane da un gatto, la casa da un albero, la palla da un dado, ecc.; anzi essi devono tastare tutti gli oggetti, di cui vogliono chiarirsi, sebbene le loro imagini si trovino chiarissimamente sulla loro retina. Ond'è loro da principio impossibile determinare con sicurezza quale sia l'oggetto più grande, o più piccolo. Essi per certo tempo giudican falsamente anche le distanze. Secondo le loro proprie parole, tutti gli oggetti che vedono intorno a sè, e vicino a sè, sembran loro giacere sul medesimo piano, e veramente sulla pupilla.

Digitized by Google

Voi uscite forse all'imbrunire alla campagna e vedete come un uomo corrervi incontro; ma per quanto vada forte, non vi viene più vicino. Finalmente v'accorgete dell'errore. Quello cioè che avete preso per un uomo è una torre a considerevole distanza, ma che forma un angolo egualmente grande a quello d'un uomo che vi fosse vicino. Voi ripetete alla stess'ora il giorno dopo la vostra passeggiata. Egli è ben strano! Oggi invece d'un uomo, voi vedete una torre, che al vostro avviso, è da voi distante un miglio. Voi vi affrettate a quella volta. Ma fatti appena pochi passi, vi passa accanto, e vi dà la buona sera. Onde la torre che supponete lontana è divenuta un uomo che si trova affatto vicino a voi. Finalmente l'opinione che la luna nel suo sorgere sia più grande che dopo non è, non solo è universalmente sparsa, ma si fonda in pari tempo sopra un'illusione tanto possente, che noi non possiamo vincerla neppure con la convinzione, ch'è solo un'illusione.

Come gli artefici sappiano ammaliarci con bellissime illusioni, noi lo vediamo tra l'altre cose nelle interne decorazioni dei teatri, dove non di rado in un piccolo spazio si vedono rappresentati un lungo viale, una grande strada, un lungo colonnato; col dipingere gli alberi e le colonne mano mano più piccoli, fanno che l'occhio riceve la stessissima impressione come se la distanza sempre crescente da noi avesse ravvicinato sempre più quegli oggetti.

Per conchiudere, io osservo ancora che forse non v'ha capitolo di fisica che offra più materia che quello sopra la grandezza apparente degli oggetti, e che in generale v'ha quantità di fenomeni che sono effetti delle suddette cause.

§. 16.

Di alcuni instrumenti che si fondano particolarmente sopra le proprietà dei vetri curvi.

a) *Gli occhiali.*

Non ci mancano veramente occasioni di vedere occhiali; nondimeno io ho oggi meco recato due instrumenti della detta specie. Se meritino poi di essere bene conosciuti, lo lasciamo specialmente decidere a coloro, che gli hanno tra i più necessari sussidii della vita. Se noi ne mancassimo ancora (i Romani e i Greci p. e. non li avevano) oh quanto la farebbe male una gran parte dei presenti

uomini! Quando io tosto tocco da prima i vetri dell'uno poi dell'altro occhiale, trovo che quelli sono convessi, questi concavi. E così dev'essere. I cacciatori, i balii, gli impiegati forestali e simili abituati a risguardare le più volte solo oggetti lontani, prendono occhiali con vetri convessi, e si rallegrano di avere in essi un instrumento, per cui possono vedere distintamente anche gli oggetti vicini. All'incontro gli scienziati, gli orinolai, gli intagliatori in rame, in generale quegli uomini che usano riguardare ordinariamente solo gli oggetti vicini, quando gli occhi non hanno l'acume necessario, non conoscono maggior benefattore, che occhiali con vetri concavi. Giustamente voi mi chiedete; come va ciò? Udite.

Nel miope, che volse ordinariamente i suoi occhi sopra oggetti troppo vicini, la lente cristallina è troppo convessa, è causa pertanto che l'imagine, rifrangendosi i raggi troppo fortemente, cada avanti alla retina; all'incontro nel presbite, che ordinariamente appartiene all'età più avanzata e per innanzi ha le più volte riguardato solo oggetti lontani, la lente cristallina, specialmente per essersi dileguati gli umori, è troppo concava e trasporta in certo modo la posizione dell'imagine distinta, perchè i raggi non si rifrangono abbastanza forte, dietro alla retina. Ambedue ricevono pertanto sulla retina solo un'imagine dilavata. Al presente se considerate che una lente di vetro convessa, non solo aggrandisce l'imagine, ma la dilunga notevolmente, e che una lente concava tutto al contrario, la impicciolisce e ravvicina maggiormente all'occhio, non vi dee far meraviglia che un paio d'occhiali con vetri convessi renda tanto utili servigi ad un presbite, e un paio d'occhiali con vetri concavi giovi tanto ad un miope. Se poi un paio d'occhiali convenga alla vista o no, si prova principalmente dalla distanza a cui l'occhio vede più chiaramente gli oggetti, e pertanto da quella a cui devono esser tenuti. Gli artefici costruiscono gli occhiali secondo i numeri, che si rapportano alla distanza focale delle lenti. Il n° 1 è più acuto che il n° 2; il n° 2 più acuto che il n° 3 e va discorrendo.

A coloro che per veder chiaro hanno bisogno di occhiali, io non saprei dare miglior consiglio, che d'andar cautissimo nella scelta. Schivino dapprima gli occhiali troppo acuti. Non hanno già guadagnato abbastanza, se con l'aiuto di quegli instrumenti vedono un poco più chiaro che ad occhio nudo? Si servano poi sempre di vetri ben puliti, perfettamente tagliati e di materia perfettamente pura. I così detti occhiali *periscopici* o *che constano di menischi*, riverberano troppo forte; assai meno convengono quegli occhiali, per cui si è fatto uso di vetro verde. Non vi sono propria-

mente *occhiali di conservazione* (è un nome inventato da ciarlatani, che serve loro a spacciar meglio la loro merce). Gli occhiali conservativi poi, che si vanno per sventura costruendo per le viste sane, sono chimere, e sono una prova di più quanto l'uomo si possa ingannare nella sua saccenteria; gli *occhiali stellati* finalmente che si costruiscono per persone che prima hanno patito di cateratta, posseggono vetri molti convessi.

b) *Dei microscopii o lenti che aggrandiscono.*

Quanto sono più minuti i semi, le scagliole dell'ala della farfalla, ecc. che io ho oggi portato meco, tanto più provano l'utilità di un instrumento che per gli oriuolai, incisori, naturalisti, miniatori, ecc., appartiene ai più necessarii aiuti della loro arte e scienza. Le cose che sono per dirvi vi insegneranno di quale instrumento io intenda parlare.

Io prendo uno di questi granellini con le punte di un sottile compasso e lo tengo avanti ad uno dei vostri occhi alla distanza di 8 in 10 pollici, vale a dire alla distanza ordinaria della visione distinta. In tale stato voi ne vedete pochissimo anzi niente. Sapendo bene che di ciò è cagione senza più la piccolezza dell'angolo visuale, io accosto più presso all'occhio il granellino, e vi prego in pari tempo dirmi, quale vi apparisce al presente. A voi pare che abbia guadagnato di grandezza visibile, ma che l'imagine sia sempre poco distinta. La chiarezza decresce nel grado, in cui il granellino s'avvicina all'occhio (un miope ne converrebbe di ciò?). Io prendo finalmente una lente convessa, e la pongo tra il vostro occhio, e l'oggetto minuto. Che bellezza! che magnificenza! questo vetro ci fa vedere gli oggetti con la distinzione necessaria, e tanto grandi quanto essi si presentano all'occhio alla distanza di 2 pollici, di 1 pollice, anzi di *una* linea. Udite inoltre:

1. *Quei vetri collettivi, che hanno una distanza focale di pollici* 3, 2 *fino a* 1/2 *pollice, noi usiamo chiamare* LOUPES, *gli altri, la cui distanza focale è minore, usiamo chiamarli* MICROSCOPI SEMPLICI. — Le *loupes* e i microscopi propriamente detti (anche le *loupes* son microscopii) si fondano sopra la nota proprietà delle lenti convesse di dare imagini aggrandite e diritte di tutti gli oggetti, che non hanno oltrepassato la distanza focale.

2. *Per poter calcolare l'aggrandimento prodotto da una lente convessa, io devo sapere a quale distanza il mio occhio vede distinta-*

mente gli oggetti, e come si comporta la distanza focale della mia lente. — Se il mio occhio p. e. è formato in modo che veda più distintamente i piccoli oggetti alla distanza di 4 pollici, una lente collettiva la cui distanza focale ascende un pollice, gli aggrandisce il diametro 10 volte, le facce 10. 10=100; il corpo 10. 10. 10=1000 volte. In generale noi troviamo sempre l'aggrandimento del diametro, quando noi dividiamo 10 pollici, vale a dire la distanza della visione chiara, per quel numero che ci esprime in pollici la distanza focale della lente di vetro. Il miope vede gli oggetti a traverso la *loupe*, ecc., non meno bene che un altro; ma l'aggrandimento dee parergli minore, perchè egli può anche senza lente avvicinarli maggiormente al suo occhio.

3. *Il microscopio* COMPOSTO *è incomparabilmente più efficace che il* SEMPLICE. — Quale sia il modo più breve per costruirlo ve lo mostra la vicina figura 191. Gli oggetti si trovano in prossimità di una lente collettiva di breve distanza focale (questa non passa mai un mezzo pollice) e veramente attraversa sempre un poco il foco. Quella lente si chiama la lente obbiettiva, o l'obbiettivo del microscopio. Ora l'imagine, ch'essa produce (nella mia figura è la freccia *d e*), noi la guardiamo inoltre a traverso la lente collettiva *c*, ch'è il vetro oculare, o l'oculare del microscopio. La seconda freccia *f g* vi mostra il vero aggrandimento dell'oggetto. Dopo queste spiegazioni occorre appena che io vi dica che l'aggrandimento di un tale microscopio è il prodotto di quegli aggrandimenti, operati da ciascuno di questi due vetri. Posto che l'obbiettivo ingrossi il diametro 5 volte, l'oculare 10 volte, non dovremmo noi vedere il diametro di ogni oggetto aggrandito 10 volte, e la superficie 50 50=2500 volte?

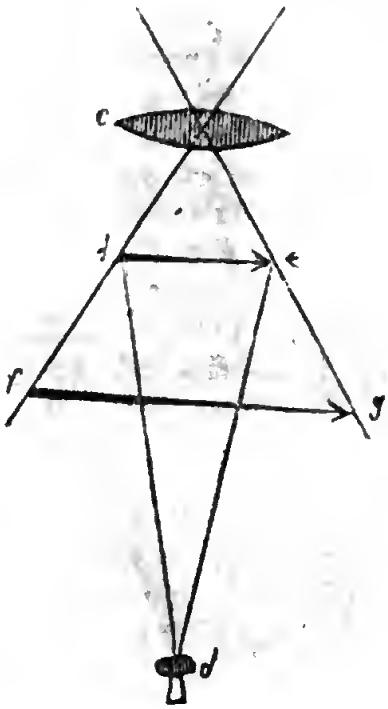


fig. 191

L'oculare può essere come l'obbiettivo semplice o composto. Per l'ordinario gli artefici muniscono di lenti i loro microscopii e le fissano in un tubo che si dispone perpendicolarmente quando

s'adopera. La lente di mezzo si chiama la lente collettiva. Il suo scopo le più volte è duplice; ella deve cioè, 1. aggrandire il campo della visione, 2. cangiare in bianca l'imagine colorata dell'obbiettivo.

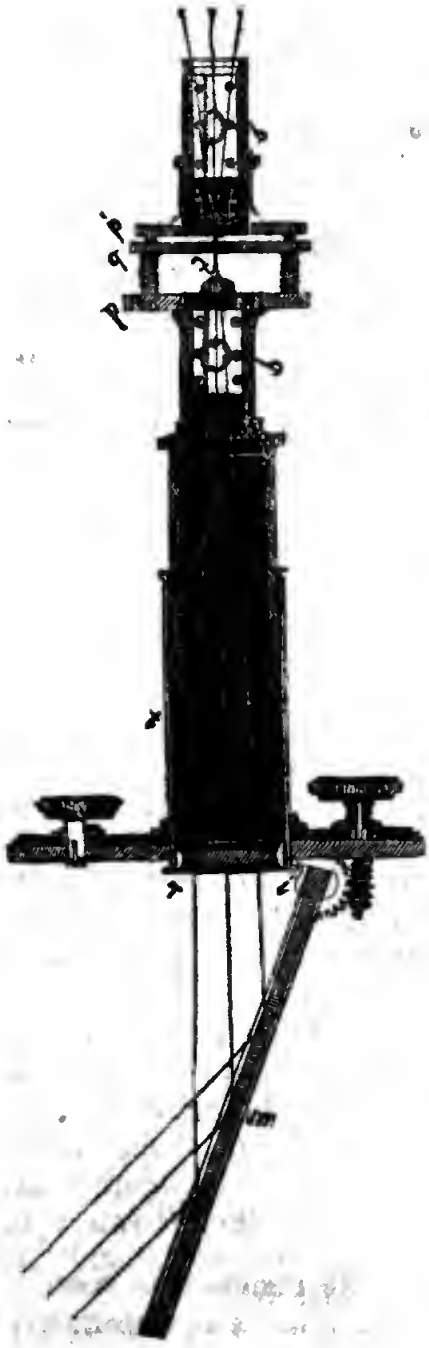


fig. 192

4. *Gli oggetti che noi vogliamo guardare a traverso un microscopio composto, li sogliamo porre tra due piccole lamine trasparenti, o sopra un vetro sottile, polito e munito di un'incassatura a disco.* — Noi tendiamo anche tra due morsette estremamente sottili insetti ancora vivi, e simiglianti oggetti. Volendo osservare certi animaletti in un liquido, p. e. gli infusori, che sono quasi sempre celati all' occhio disarmato, noi poniamo l'acqua e cose simili, o in un piccolo tubo sottile, o in una piccola piastretta cava arruotata.

5. *Un microscopio composto assai importante, è il microscopio solare inventato l'anno* 1738 *da* Lieberkühn. — Figuratevi prima che in una camera, dove s'è fatto il buio, un grosso tubo lungo parecchi pollici, grosso un pollice ad un pollice e mezzo, sia fissato ad una imposta della finestra; 2. innanzi al tubo sia uno specchio mobile, pel quale la luce solare può esservi condotta orizzontalmente; 3. una lente convessa di gran distanza focale; 4. nella sua estremità interna una lente microscopica, e innanzi a lei, ma un poco sopra al suo fuoco un piccolo oggetto trasparente; e voi ne avete un'idea assai sufficiente. Allo stesso tempo voi sapete come deve prodursi nella camera un'imagine ottica rovescia. La conside-

razione della qui aggiunta figura 192, vi chiarirà anche meglio di quel che sia il microscopio solare, che, per notarlo di passo, è difficile ad usarsi pel movimento apparente del sole. Lo specchio *m* riflette i raggi solari verso il tubo *l*, e propriamente, quando è in posizione orizzontale, parallelamente all'asse di quello. La figura vi mostra questo, come gli effetti delle due lenti collettive *r i* ed *f*. La lente *f* riunisce tutti i raggi nel medesimo punto. Lo stesso si verifica perfettamente in vicinanza di quell'oggetto che noi vogliamo aggrandire, e appunto con ciò più esattamente considerare. Quello che voi per altro trovate ancora rappresentato nella figura, p. e. una molla, il cui bottone viene a stare fuori del tubo; le piccole piastre d'ottone *p p'* e *g*, ecc., servono a render mobile la lente *f*, o a trasportare i piccoli oggetti, p. e. globulini di sangue o granellini di polvere, ecc., ai punti che devono trovarsi.

6. *Invece della luce del sole noi ci serviamo al presente pei microscopii, fari e segnali della luce di calce di* Drummond. — Questa luce s'ottiene ponendo la calce infocata in una corrente di gas ossigeno e di gas idrogeno.

c) *Il microscopio a lampada o la lanterna magica.*

Fanciulli e adulti si servono sempre della lanterna magica ad ogni maniera di passatempi. Oltre la cassetta di latta, ch'è chiusa in ogni sua parte, meno gli spiragli necessarii, ed ha molta somiglianza con una vera lanterna, voi vedete esteriormente un tubo lungo forse 3 pollici, che s'imbocca in un buco tondo della parete esteriore, e nel qual tubo se ne trova un secondo che può essere agevolmente spinto in fuori e in dentro. Ogni tubo poi è munito di una lente convessa arrotata.

L'interno dell'instrumento vi mostra: 1. un piccolo specchio cavo in vicinanza della parete posteriore, e 2. una lampada, che dà una fiamma assai chiara, e sta nel foco di quello specchio. Da ultimo io presento alla vostra particolare inspezione una quantità d'imagini. Perchè queste non sono quasi altro che figure d'animali e d'uomini, vi sarà chiaro nell'uso dell'instrumento apparentemente magico, e vi sarà chiaro altresì perchè bisogni farle di colori trasparenti sopra vetro terso e bianco.

Io metto ora a rovescio pel taglio verticale, che il primo tubo ha proprio vicino alla lanterna, una lastra di vetro della detta specie. Dipoi accendo la lucerna. Non ostante io osservo che la camera sia oscura; che i vetri siano poi tanto distanti l'uno dall'

altro, quanto richiede la chiarezza dell'immagine; e che questa finalmente venga riflessa sulla bianca superficie d'una parete che sta di contro alla cassetta. Tutte queste operazioni richiedono poca fatica e destrezza.

Ora l'imagine gigantesca passeggia sulla muraglia; come ciò avvenne?

Lo specchio cavo del mio instrumento serve solo a rafforzare ancor più la fiamma già per se stessa chiara della lucerna, e riflette, perchè questa sta nel suo foco, tutti i raggi luminosi parallelamente sopra quegli oggetti che devono essere rappresentati sulla bianca parete. Le lenti convesse polite producono anche qui imagini capovolte di quelle cose che sono innalzate un poco sopra al loro foco. Or chi mi sa dire perchè io posi gli oggetti capovolti nel taglio verticale del tubo?

Se io fo cadere le imagini delle figure nette sopra mussolina sottile, o tela trasparente (le dette stoffe vengono tese nella camera ove s'è fatto il buio, o almeno nell'apertura della porta di quella), noi abbiamo il piacere di vederle da due parti. Perchè appariscano bianche, le lastre di vetro sono coperte dall'un lato di color nero, e le figure incise col mezzo di un bolino. Le parti dei vetri bianche, trasparenti, fanno qui le veci dei quadri. Ora per vedere i così detti spiriti salire apparentemente ora dalla terra al cielo, ora scendere dal cielo in terra ecc., io fo che l'apertura resti immediatamente dietro al tubo, per modo che le lastre di vetro non posson esser tirate avanti e indietro, ma su e giù. Lo avvicinarsi e l'allontanarsi delle imagini prodotte è un'illusione ottica. Quando cioè la lanterna tocca quasi la mussolina, le imagini ci si presentano assai rimpiccolite, e pertanto come se fossero rimosse ad una gran distanza; se la lanterna muta posizione, avviene l'illusione contraria all'occhio di tutti gli osservatori. Posta sopra un piccolo carro, le cui ruote sono rivestite di panno, la lanterna magica può, senza che alcuno se n'avveda menomamente, essere trasportata da un luogo all'altro.

d) *La camera oscura.*

La camera oscura raffigura una cassetta A B C D quadrangolare di legno, chiusa in ogni parte, ed ha inoltre nel mezzo della parete anteriore un tubo *a b c d*, in cui è fissata verticalmente una lente convessa arrotata *b c*. Io l'apro. Quello che vi viene prima agli occhi, è uno specchio piano *e f*. La sua collocazione alla parete

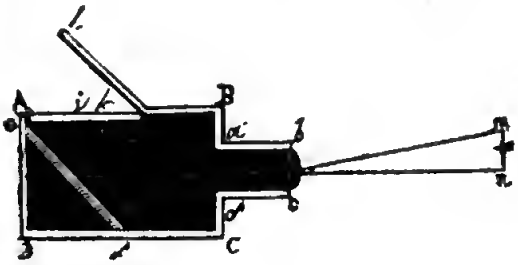


fig. 193

posteriore; la sua inclinazione verso il suolo sotto un angolo di 45 gradi; la sua relazione al tubo *abcd*, che gli si trova dirittamente in faccia, l'importanza di tutte queste circostanze vi sarà abbastanza palese nell' uso dell' instrumento. Lo stesso è a dirsi di *eg*, e *hg* del disco di vetro smerigliato e del coperchio della cassetta.

Io indirizzo al presente il tubo *abcd* verso un oggetto illuminato, p. e. verso la finestra *mn* nella parete anteriore egregiamente illuminata dal sole. Ed ecco subito si presenta in *ck* sul vetro *eg* della finestra l'imagine rovesciata e rappicciolita. Prima che io vi spieghi come l'imagine è arrivata sulla lastra di vetro, io volgo il tubo *abcd* con la sua lente *bc* verso altri oggetti, e così ora un albero, ora una casa, ora un intiero paesaggio si pinge vagamente avanti a' vostri occhi. Il più grande interesse è eccitato in noi incontrastabilmente dalle figure d'uomini o d'animali prodotte in *eg*. Come le stesse creature viventi, loro prototipi, anch'esse corrono, saltano, cavalcano e camminano, bevono, mangiano e volano ecc. Notate:

1. *La cassetta magica quadrangolare si chiama* CAMERA OSCURA. Un abile fisico, *Porta*, la cui casa debb'essere stata di rado vuota di curiosi, la inventò verso la metà del secolo XVI.

2. *Se ella dee dare imagini veramente distinte sulla lastra di vetro* eg, *dee primamente la lente* bc *essere così disposta, che la sua lunghezza focale arrivi esattamente fino allo specchio.* — Solo a questa condizione tutti i raggi partiti dallo stesso punto d'un oggetto, e rifratti nella lente *bc* si riuniscono di nuovo nel medesimo punto. La posizione inclinata dello specchio *ef* sotto un angolo di 45 gradi abbisogna appena di essere spiegata. I raggi di riflessione devono, com'è noto, dirigersi veramente all' alto, ma come potrebbero farlo, se *ef* avesse ricevuto una posizione verticale, orizzontale, o anche soltanto un'altra posizione inclinata?

3. *Le imagini appariscono capovolte sopra* e g. — È evidente che questo non può essere altrimenti. Per rappresentarle diritte, io non ho che a porre uno specchio di metallo avanti alla lente *bc* in modo, che la luce degli oggetti le sia riverberata da esso, e non già, come nella mia *camera oscura*, dalle case, dagli alberi ecc.

4. *Tutte le camere oscure non sono fatte come la nostra.* — Guardate dapprima la fig. 194. La cassetta, ch'essa vi rappresenta, ha nel fondo un foglio di carta bianca, e nel suo coperchio un tubo, che racchiude la lente collettiva, e sopra cui è fissato uno specchio nella posizione inclinata di 45 gradi. Ora dite voi, come in un tale apparecchio l'imagine si produca sulla carta! Del resto, essendochè le pareti della cassetta impediscano l'entrata a tutta la luce che viene lateralmente, l'imagine è molto vivace, e può pertanto essere facilmente delineata col mezzo di una matita.

Ora io tratteggio qui la figura di una camera che ci rende notevoli servigii specialmente nel disegno di piccoli oggetti, come fiori, farfalle, ed altri oggetti naturali. In essa rappresentano: 1. *e* (fig. 195) una tavoletta da disegno; 2. *abcd* una lastra di vetro sottile, quadrata, che sta verticalmente sopra *e*; 3. *f* una

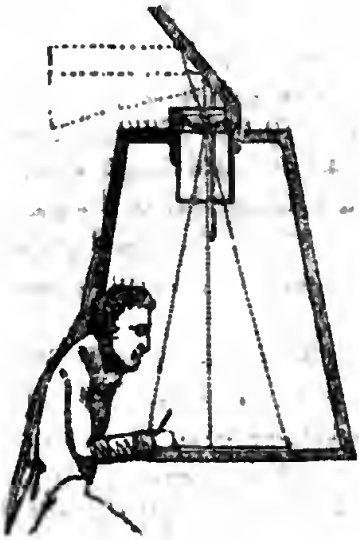


fig. 194

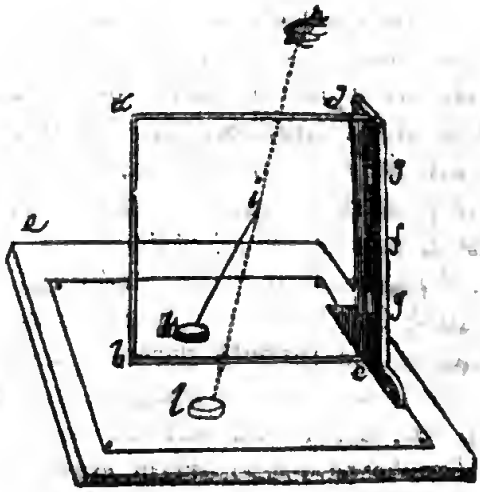


fig. 195

colonna di legno; 4. *gg* due biette nella stessa colonna (la lastra di vetro entra con uno degli orli nella scanalatura della colonna *f*), e vien qui specialmente tenuta ferma con le biette *gg*; finalmente, 5. *k* rappresenta quel punto sulla tavoletta *e* ove si pone l'oggetto da disegnarsi. Noi primieramente collochiamo per modo il de-

scritto apparato, che la colonna *f* ci sta precisamente dinanzi. Dipoi posiamo il fiore, la farfalla e simili, a sinistra del vetro, p. e. nel punto *k;* all'ultimo volgiamo l'occhio *h* verso il mezzo del vetro, più precisamente verso il punto *i*, e disegniamo la figura, che noi scorgiamo chiaramente dall'obbietto *k*, e come se fosse in *l* sulla carta. Ora poichè la colonna *f* è munita di un piedestallo, sta a noi il portare l'apparecchio ora a questo, ora a quel luogo. Del resto tutto dipende dalla posizione che noi occupiamo; se è acconcia, noi discerneremo bene l'imagine anche a traverso la lastra di vetro.

5. *La camera oscura non è soltanto un instrumento divertente, ma anche utile.* — Se voi volete servirvene per ritrarre oggetti isolati, o intieri paesaggi, ella descrive facilmente i tratti principali: 1. onde gli oggetti del fondo compaiono più distinti di quello che l'occhio li veda immediatamente; e 2. i quadri devon rappresentare gli oggetti come son prodotti sulla retina, e per conseguenza non in una superficie piana, ma sferica.

6. *La camera oscura è venuta ultimamente in singolar fama*, perchè il francese *Daguerre* ha trovato l'arte di ritrarre col suo mezzo DUREVOLMENTE *imagini distintissime.* L'accennato processo è in brevi parole il seguente.

Una piastra di rame, polita, ricoperta di un sottile strato d'argento, e stata poco prima molto accuratamente polita, vien posta sopra una coppa quadrangolare di porcellana, in cui si trova una soluzione acquosa allungata di cloruro d'iodio, e vien tenuta tanto ai vapori di questa soluzione, finchè si sia fermato sopr'essa uno strato color d'oro, o anche violetto. Dipoi si mette, preservandola possibilmente dall'azione della luce, precisamente nel posto d'una camera oscura, dove si produce un'imagine distinta di qualunque oggetto. Quivi si lascia ora 15 secondi ora 2 minuti secondo le circostanze. Ancora non apparisce su lei nessuna imagine, la quale si mostra sol quando si pone sopra una piastra di metallo intonacata di mercurio, e un poco riscaldata. Se l'impressione è sufficiente, si ritoglie la piastra ai vapori del mercurio, e s'immerge, per rimuoverne l'iodio, che vi sta ancora attaccato, o in acqua salsa calda, o quello che val meglio, in una soluzione d'ossido iodico iposolforato. L'ultima operazione ha per fine di preservare l'imagine contro ogni ulteriore azione della luce.

Se si lascia la piastra troppo tempo nella camera oscura, si mostra sopr'essa senz'altro un'imagine, mentre l'ioduro d'argento è annerito colà dove la luce agisce più fortemente. Una tale imagine si chiama *imagine negativa.*

Il nome alquanto singolare viene da ciò che i punti chiari dell'oggetto corrispondono a' suoi punti oscuri e viceversa. Del resto un'imagine dagherriana non dà mai perfettamente le giuste proporzioni tra la luce e l'ombre; per es. gli alberi appariscono in essa sempre assai scuri, perchè i raggi verdi restano quasi senza efficacia. È chiaro che per questo viene a perdere assai di somiglianza.

e) *I telescopii o canocchiali.*

I microscopii servono a rappresentare sotto un maggior angolo visuale oggetti *vicini*, che un occhio disarmato non potrebbe vedere abbastanza distintamente per la loro piccolezza. Il fine dei telescopii è diverso; con essi noi vogliamo vedere più distintamente oggetti *lontani*, siano essi in cielo o in terra. Noi abbiamo *canocchiali diottrici* e *catottrici*, o come sogliamo esprimerci, *rifrattori* o *riflessori*; i primi constano solo di lenti; i secondi hanno insieme specchi e lenti; onde per loro mezzo la luce non è solamente rifratta, ma anche, e di primo tratto, riflettuta. I canocchiali più importanti sono:

aa) Il canocchiale di Galileo, o canocchiale olandese.

Il canocchiale galileiano od olandese consta di una lente convessa obbiettiva, e di una lente concava oculare. L'una e l'altra sono fissate all'estremità d'un tubo così distanti l'una dall'altra che il foco della lente obbiettiva coincide con l'opposto punto di divergenza della lente oculare. E perchè non di rado avvengono congiunture che rendono necessario un nuovo allontanamento delle lenti, sogliono gli artefici farli quasi sempre di più pezzi, che si incastrano a piacere gli uni negli altri. Rappresentano V W (fig. 196) la lente convessa obbiettiva polita, e X Z la lente concava oculare polita, e *b a* la piccola imagine capovolta di un oggetto lontano (*) che la lente V W ritrarrebbe, se non intervenisse nessun impedimento. Ma prima che i raggi, che partono da un oggetto assai lontano, e percuotono la lente V W, possano riunirsi in *b a* a formare un'imagine, sono raccolti dalla lente oculare concava X Z e rifratti per la seconda volta. Ora quei raggi, che vanno

(*) Quest'oggetto non può essere ben disegnato, se le circostanze prevalenti devono essere ritratte con la maggior possibile verità.

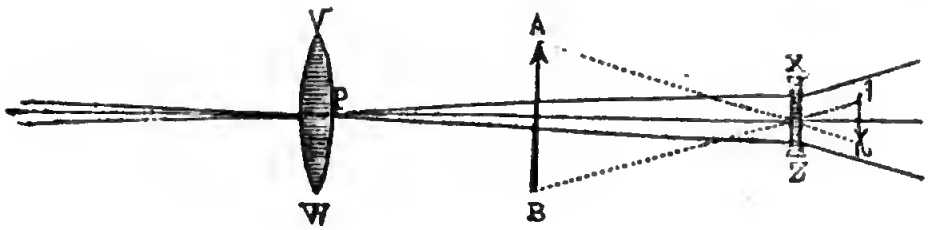


fig. 196

verso *a*, sofferta che abbiano la nuova rifrazione a traverso X Z, si spartono come se fossero stati mandati dal punto V: similmente poi tutti i raggi, che da principio convergono verso *b*, sono deviati dalla loro direzione a traverso X Z, e veramente come venissero dal punto B. Così noi, invece della piccola imagine capovolta *b a*, vediamo l'imagine diritta ed aggrandita A B.

Il canocchiale descritto, offrendo soltanto un piccolo campo visuale, si usa soltanto quando altri non cerca che un aggrandimento di tre a quattro volte. Avutone intenzione da un fabbricatore di occhiali di Middleburgo, Galileo lo inventò nell'aprile o maggio dell'anno 1609 (*). I noti occhialetti da teatro non sono altro che quei canocchiali galileiani, la cui lente oculare possiede una discreta larghezza, e il suo obbiettivo una sufficiente grandezza.

bb) Il canocchiale di Keplero o astronomico.

Il canocchiale astronomico o di Keplero rassomiglia all'olandese o galileiano in quanto consta solo di due lenti; ma la sua lente oculare non è una lente dispersiva o divergente, sibbene collettiva. V W (fig. 197) rappresenta la lente obbiettiva e X Z l'oculare. Le lunghezze focali delle due lenti coincidono nel loro punto focale e formano una linea retta. Donde viene che in *b a* si presenta l'imagine capovolta di un oggetto assai lontano, che prima non v'è stato disegnato; vi è pur noto, come sapete, che l'occhio

(*) L'invenzione dei canocchiali è dovuta al caso. I bambini d'un fabbricatore di occhiali di Middelburgo giuocando con vetri ottici, accomodarono in un tubo in cui il padre soleva custodire le sue lenti, due di queste lenti in modo che videro aggrandita la banderuola del campanile della chiesa. Lieti di ciò, chiamarono il padre a vedere. Ora Galileo, saputa questa bella scoperta, indovinò la combinazione delle lenti, e costruì poco dipoi il primo canocchiale.

fig. 197

d'un osservatore innanzi alla lente microscopica X Z vede l'imagine *b a* aggrandita in B A, in quanto ella ha preso il suo posto nella lunghezza focale di X Z. Della situazione rovescia dell'imagine cale poco agli astronomi. Chi, come essi fanno, osserva più il cielo che la terra, si rallegra soltanto di avere nel canocchiale di Keplero un instrumento, la cui luce è tanto chiara, e il cui campo visuale è sì esteso.

cc) Il telescopio terrestre.

In tutti i telescopii, che devono servire alle osservazioni di oggetti terrestri, e che noi chiamiamo pertanto *telescopii terrestri*, è necessario che l'ultima imagine, vale a dire quella più prossima all'occhio appaia diritta. Il canocchiale terrestre ha ordinariamente una lunghezza di 24 pollici. Nel suo tubo traiettorio anteriore si trovano per lo più tre lenti microscopiche, la cui distanza reciproca resta sempre la stessa, e che inoltre sono ordinate per modo che il foco posteriore della lente precedente, e il foco anteriore della succedente coincidano esattamente; oltre quelle lenti che hanno tutte il nome di *oculari*, occorre in un tale telescopio anche una lente obbiettiva di grande lunghezza focale. Chi ha fatto mai uso di un canocchiale terrestre, sa precisamente, che la lente obbiettiva, perchè gli occhi sono diversi, può essere ora più ora meno avvicinata a quelle tre lenti microscopiche. La lente obbiettiva dà un'imagine rovescia di ciascun oggetto; le due prime lenti oculari che le sono più prossime, rimettono l'imagine in una situazione diritta; la terza lente oculare l'aggrandisce, come fa l'unica lente oculare nel canocchiale di Keplero. Considerate ora su ciò: 1. che l'imagine prodotta dalla lente obbiettiva sta *proprio vicino* alla prima lente oculare, e veramente dentro alla lunghezza focale della medesima; 2. che quella lente obbiettiva raccoglie i raggi

dell'imagine e dà loro una direzione convergente; e che essi raggi prima di potersi riunire, percuotono la seconda lente oculare, che finalmente raccoglie nello stesso punto tutti i raggi che partono dallo stesso punto dell'imagine. Pertanto qui si presenta all'osservatore una nuova imagine, cioè una prima imagine capovolta, e poichè questa era capovolta, quella è un'imagine diritta dell'oggetto.

dd) Il canocchiale neutoniano.

A quei canocchiali, in cui uno specchio cavo fa le veci della lente obbiettiva, appartengono specialmente tre generi di canocchiali che si denominano dai loro inventori *Newton*, *Cassegrain* e *Gregory*.

Il canocchiale neutoniano consta: 1. di uno specchio cavo di metallo V W (fig. 198) ch'è posto proprio nel fondo d'un tubo; 2. di un piccolo specchio piano della stessa materia X Z, che si piega verso l'asse del canocchiale sotto un angolo di 45 gradi, ed

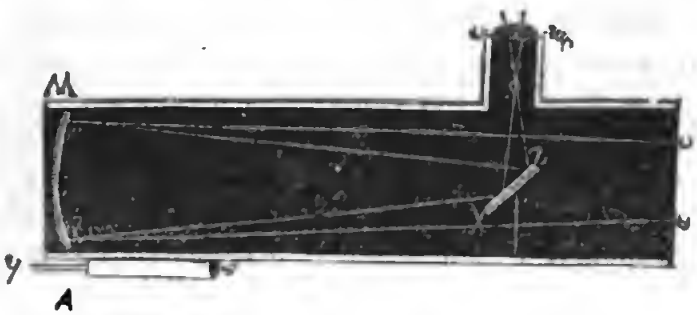


fig. 198

ha preso il suo posto entro la lunghezza focale di V W; 3. di una lente convessa arrotata *m n*, che voi vedete accomodata in un tubo separato, congiunto con la parete laterale; finalmente, 4. di un piccolo canocchiale *g h*, che dà la necessaria direzione all'instrumento principale. Come agisca è chiaro, Posto che *ab* e *cd* siano due raggi, che vengono da un punto remoto, percuotono lo specchio V W, e vengono da questo riflessi in modo, che, prima di potersi riunire, soffrono una seconda riflessione dallo specchio XZ, non si devono essi tagliare in un punto *o*? e inoltre una lente *mn* che è distante da *o* esattamente o quasi esattamente della sua lunghezza focale non li rifrangerà in modo, ch'essi arrivino paralleli

all'occhio, e che producano un'imagine distinta come appunto nel canocchiale astronomico? Indicatemi da ultimo tutte le analogie e differenze tra il canocchiale di Keplero e quello di Newton.

I canocchiali di Cassegrain e di Gregory hanno uno specchio cavo perforato di metallo; io li tralascio come troppo lontani dal nostro scopo.

Quello che inoltre vi occorre sapere sopra i canocchiali, io lo racchiudo nei seguenti due punti.

1. Poichè la forza di un canocchiale dipende dalla proporzionata lunghezza focale della lente oculare e dell'obbiettiva, pare che l'aggrandimento degli oggetti potrebb'essere moltiplicato a piacere. Ma ciò non sussiste. Dei moltiplici impedimenti, che si oppongono ad un aggrandimento estremamente forte, io fo singolare menzione della circostanza che più le imagini ingrossano meno sono distinte.

2. Chi vuole scorgere nel cielo oggetti assai piccoli, e in pari tempo di debole luce, abbisogna manifestamente di un canocchiale che non solo aggrandisca molto, ma dia anche un'imagine ottimamente illuminata. Il qual ultimo fine si consegue tanto meglio quanto più raggi si riuniscono in ciascuno de' suoi punti, o quanto è più grande la lente obbiettiva nel canocchiale diottrico, o lo specchio cavo metallico nel canocchiale catottrico. La lente obbiettiva di un canocchiale che si vede a Berlino (il costruttore è Fraunhofer) ha 2 pollici di diametro. Quello che già s'ottenne coi piccoli telescopii di Herschel, lo racconta lo stesso celebre costruttore ed astronomo. I suoi ultimi e incomparabilmente più perfetti instrumenti di questa specie produssero effetti quasi incredibili. Così egli vide p. e. gran tempo prima che Sirio entrasse nel campo del suo telescopio di 40 piedi, l'alba annunziatrice del suo avvicinarsi, e che si faceva sempre più chiara, finchè all'ultimo il grand'astro apparve con tutto lo splendore del sorgente sole, e costrinse l'occhio stupito a ritrarsi da questo magnifico spettacolo della natura. Se noi paragoniamo la rapidità della luce con la distanza delle stelle, e delle infinite loro moltitudini, scoperte dall'occhio sì possentemente armato, noi arriviamo agl'incomprensibili risultati, che la luce, dalla più lontana stella, che i telescopii ci lasciano scorgere anche distintamente, arriva a noi in quasi 7000 anni, e che devono scorrere per lo meno 500,000 anni prima che tocchi i nostri occhi da quei mondi, che son troppo lontani, da essere scorti distintamente a uno a uno. Quale infinità si apre qui ai nostri sguardi? Ora comprendete voi bene la parola che disse il Signore ai suoi: *nella casa del mio padre sono molte abitazioni?*

SEZIONE OTTAVA

Il Magnetismo.

---

§. 1.

Della forza attrattiva della magnete.

Questa pietra grigio-nerastra, che si trova nel nostro paese particolarmente nell' Harz (monte Ercinio) e nell' Erzberghe, ed in maggiore quantità in Norvegia, in Siberia, e generalmente nelle regioni settentrionali della terra, sebbene non abbia in apparenza nulla di mirabile, possiede tuttavia proprietà, che fanno meraviglia a ciascuno. Io la voltolo dapprima tra sottile limatura di ferro. O meraviglia! Essa ne ha attratto in buon dato; nè la lascia andare, se non ne è strappata con forza. Dipoi io le appresso pian piano una piccola palla di ferro, fissata ad un filo. Ed ecco, giunta ad un certo punto, ella corre velocemente ad essa, lo tocca e le rimane attaccata, e non mostra generalmente nessuna voglia di spiccarsene di bel nuovo. È evidente che questi fenomeni sono degni di più sottile considerazione. Ascoltate:

1. *Quasi ogni minerale, che contiene il ferro in uno stato poco ossidato, estratto che sia dalla terra spiega la mirabile proprietà di ritenere per mezzo d'una forza invisibile, il ferro, e i corpi ferruginosi, come sinopia, bolo, basalto, ottone, piombagine ecc., ed eziandio di attrarli a sè da lontano quando non siano troppo gravi.*

2. *Tutti i corpi, ne' quali noi, senza dover prima instituire sottili indagini, vediamo spiegarsi quella proprietà, son chiamati* MAGNETI *da* Magnesia, *città dell'Asia minore, dove l'attrattività fu primamente osservata 600 anni avanti G. C. La causa di tutti i fenomeni che appartengono a tal soggetto si chiama* MAGNETISMO, *od anche, sebbene più di rado,* MATERIA MAGNETICA.

3. *La grandezza della forza non dipende dalla periferia della magnete; perchè vi sono magneti o calamite grandi che portano poco, e*

delle piccole che portano molto. Ordinariamente quelle magneti attraggono meglio, che stanno libere sulla superficie della terra, e sono esposte pertanto all' influsso dell' aria atmosferica. La forza di una magnete è costantemente determinata da quel numero che indica quante volte il peso ch' essa porta contiene il suo proprio. Le calamite che pesano più di due libbre attraggono raramente più che il decuplo del loro peso.

4. *Il ferro non è l'unico metallo che sia attratto dalla calamita; anche il nichelio ed il cobalto, massime quando sono perfettamente puri, partecipano alle proprietà magnetiche.* L'uno e l'altro sono metallici: il nichelio ha ordinariamente l'apparenza grigio-bianca. pesa quasi quanto il ferro, e per fondersi ha bisogno di un calore di sopra 600 gradi Réaumur; il cobalto ha un color bigio chiaro; è immensamente tenace, e a gran pena può ossidarsi nello stesso fuoco.

Io spargo una sottile tavoletta di fina limatura di ferro. Dovunque io metta la magnete, in questo o in quel punto del suo sostegno, sempre i piccoli corpicciuoli che si trovano sovr' esso si alzano e tendono a riunirsi con quella. Con un disco di vetro, di cartone, e in generale quasi d'ogni altra materia, io ottengo sotto le stesse condizioni un simile risultato. Io replico il mio sperimento, ma invece della limatura di ferro mi servo d' un ago da cucire, e invece della tavoletta di legno (questa servirebbe egualmente) d'un disco di vetro. Come si vede, anche l'ago, incomparabilmente più grave, non rimane nel posto ove è stato messo; ma piuttosto s'approssima tanto quanto la calamita sembra in certo modo ingiungergli. Una piastra di ferro posta tra la calamita e i sottili corpicciuoli che devono essere attratti, diminuisce estremamente l' azione indicata; anzi talora la fa andare al tutto in dileguo. Finalmente io vi mostro altresì che l' influenza della calamita decresce anche allora che io la allontano pian piano sempre più dalla limatura di ferro, o da quel piccolo pendolo magnetico. Da cotesto esperimento imparate:

1. *L'azione della magnete non si esercita soltanto a traverso dell' aria, ma non è neppure rattenuta dal vetro, dal legno, dalla carta, dall'acqua ecc.* Appunto sopra questa circostanza si fondano molti giuochi, che porta appena il pregio di rammentare.

2. *Se io pongo una piastra di ferro tra la magnete e i corpuscoli da attrarre, la sua forza si esaurisce quasi totalmente nella piastra di ferro, e non ottiene, almeno subito, la proprietà d'agire magneticamente sul pendolo, sull'ago da cucire, sulle sottili particelle di ferro ecc.*

3. Diversi sperimenti intesi a provare la forza attrattiva di una magnete per distanze ineguali hanno condotto quasi senza eccezione alla legge: *le forze magnetiche decrescono in ragione del quadrato delle distanze.* La forza attrattiva di una calamita è effettivamente nella distanza doppia il quarto, nella tripla il nono di quello che è nella semplice. Le prove di questa asserzione non appartengono a questo luogo.

Da ultimo io noto, che la forza d'una magnete può essere *cresciuta* o *diminuita*; *cresciuta*, se noi le facciamo portare ogni giorno qualche cosa di più; *diminuita*, se la lasciamo inesercitata, la esponiamo a violenti colpi e scosse, lasciamo al calore prendere troppa possanza su lei ecc. Non solo per l' apparenza, ma per la forza portativa dee raccomandarsi di guardar la calamita dalla ruggine, e dopo essersene servito, di strofinarla ciascuna volta con un cencio di lino.

§. 2.

Della polarità della calamita.

Dopo avere, come già feci per l'innanzi, ravvoltolato la calamita in una sottile limatura di ferro, esaminiamo in qual quantità questa limatura sia ritenuta dai diversi punti della sua superficie. Già una occhiata di volo ci dice che la forza d' attrazione non si mostra equabilmente dappertutto, ma che vi sono specialmente due punti che stanno di contro l'uno all'altro, dov'essa si dimostra nel suo più alto splendore. Io segno questi luoghi, levo la limatura di ferro, e passo un ago d'acciaio sopra tutti i punti della calamita. Ed ecco: esso viene a stare verticalmente solo a quei due punti all'incontro a tutti gli altri più o meno obliquamente, anzi al tutto orizzontalmente sulla superior superficie della calamita. Se io pongo una lastra di vetro (anche una carta o un foglio può servire) sopra la calamita e vi fo cader sopra della limatura di ferro a traverso un fine staccio, ella si ordina, quando io urto debolmente la lastra di vetro, in modo da formare linee curve, che tutte, come mostra la qui aggiunta figura 199, mostrano spiccarsi da due punti tra loro opposti. Io fo ancora un quarto esperimento. Questa barchetta è fatta di legno sottile, ed è pertanto così leggiera, che galleggia sull'acqua, anche quando io l' ho caricata d' una calamita. Se io allontano da essa tutti i corpi ferruginosi noi vedremo che si

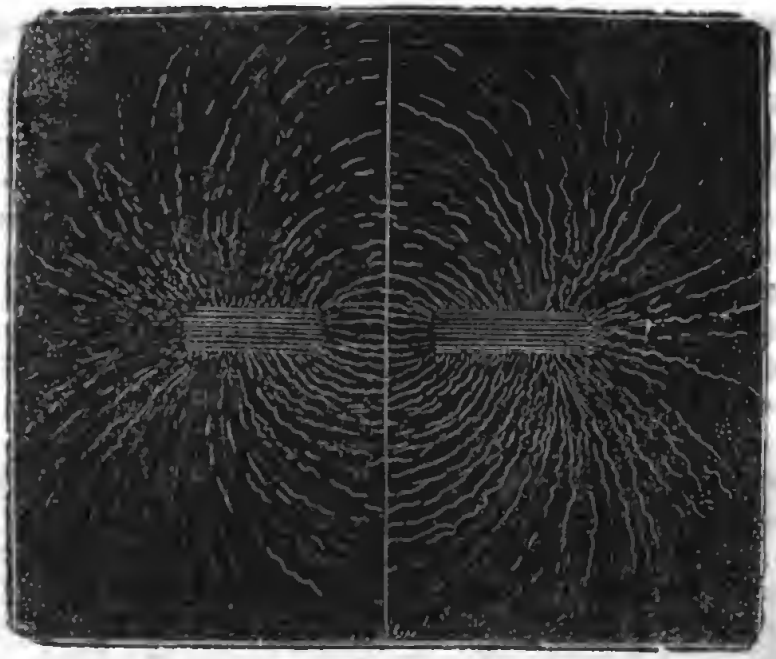


fig. 199

ferma sempre all'incirca nella direzione da mezzogiorno a settentrione. Chi poi in pari tempo osserva esattamente la calamita, vede altresì di certo, che i due punti indicati sembrano determinare la direzione della barchetta. Notate adunque:

1. *I due punti d'una calamita, che si distinguono in parte per la loro maggior forza d'attrazione, in parte per la loro direzione esattamente determinata, si chiamano* POLI *di essa calamita; il punto che si volge a mezzogiorno si chiama il* POLO SUD, *e l'altro all'incontro il* POLO NORD. Del resto noi impareremo a conoscere per l' innanzi che non sarebbe tanto male di nominare in modo direttamente opposto i poli della magnete.

2. *Ogni calamita ha inoltre una linea neutra* mn (figura 213). *Essa non attrae il ferro in nessuno de' suoi punti, e divide in certo*

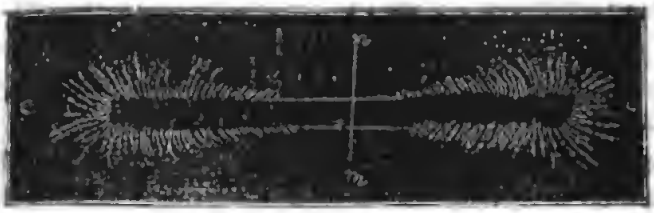


fig. 200

modo la calamita in due parti eguali. Come la forza attrattiva cresca

movendo da essa verso i due poli *e* ed *e'*, noi possiamo veder assai chiaramente in ogni calamita, ed anche nella qui tratteggiata figura.

3. *Noi troviamo talora, non senza meraviglia, di tali calamite, in cui si riscontrano* 3, 4 *e anche un maggior numero di poli. Tutti questi punti si chiamano* PUNTI CONSEGUENTI. Per conoscerli non occorre altro che ravvoltolare la calamita in sottile limatura di ferro, o avvicinarle un ago di prova. Se noi la ponghiamo, come già facemmo, sotto una carta portante limatura di ferro, i corpuscoli si ordinano nel modo che voi vedete nella figura 201. Le calamite coi punti conseguenti sono inservibili per certi scopi della vita.

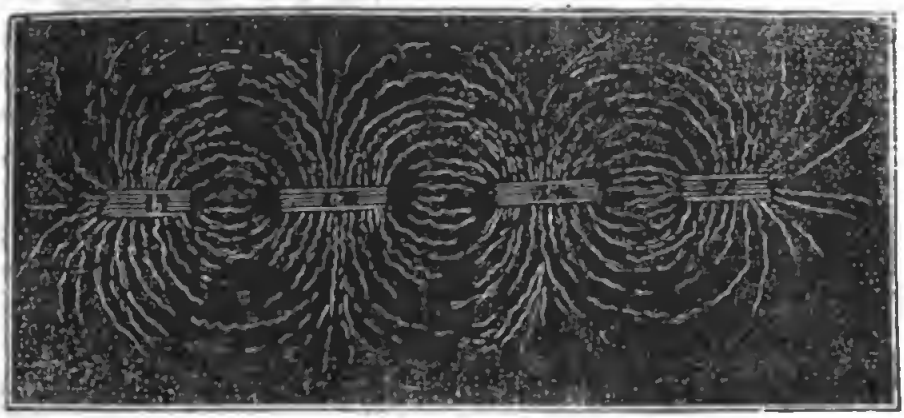


fig. 201

Del resto non ci mancano mezzi di trasformarle in calamite a soli due poli.

4. *Il meccanismo della bussola si fonda sulla seconda proprietà della calamita, che noi chiamiamo* POLARITÀ: si chiama *bussola* l'instrumento, mediante il quale gli uomini furono primamente in grado di navigare in alto mare, e cercare terre incognite anche alle più possenti nazioni antiche. Per sventura noi non sappiamo il nome di colui, a cui il genere umano deve la scoperta della polarità della calamita; anzi noi siamo ancora incerti qual popolo sia stato il primo a servirsi di questa proprietà importante come mezzo ad indicare accertatamente qualsivoglia direzione nello spazio. Avanti l'anno 1300 av. C. nessuna bussola dovè trovarsi in mano di un europeo (*). Che l'audace navigante, quando scorre

(*) Secondo la comune tradizione la bussola dev'esser stata inventata nell'alta Asia, di quivi portata nella Cina, e in tutto l'oriente, e in ultimo in Europa nel secolo XIII per opera dei Crociati.

l'Oceano in una notte buia o anche in quei giorni in cui la nebbia e le procelle gli velano la vista del cielo, ritrovi solo in essa la sua fidata scorta è troppo noto, perchè io debba darvene più particolari notizie. Come già, secondo tutte le probabilità, facevano gli antichi, così gli uomini dell'oggidì si servono della bussola per orientarsi o nelle regioni fortemente boscose, o in quelle vaste steppe arenose che si trovano in Asia ed in Africa.

Fin qui in tutti gli esperimenti io mi sono servito soltanto di una di quelle calamite che ci sono offerte in quantità dal suolo di certi paesi; ma vi sono calamite di tutt'altra specie. Così p. e. questo ferro da cavallo, alle cui estremità si trovano i poli, è anche una calamita; e così pure quella sottile lamina d'acciaio, che va acutamente appuntandosi alle due estremità, che posando sopra una sottile punta (fig. 202) e munita nel suo mezzo di un cappelletto d'agata (talora noi la sospendiamo ad un filo) può girarsi orizzontalmente. *Le calamite di questa fatta, avendo ricevuto la loro meravigliosa forza per opera degli uomini, si chiamano* ARTIFICIALI; *quelle all' incontro che noi estragghiamo dalla terra, si dicono* NATURALI. Della preparazione delle calamite artificiali parleremo più innanzi.

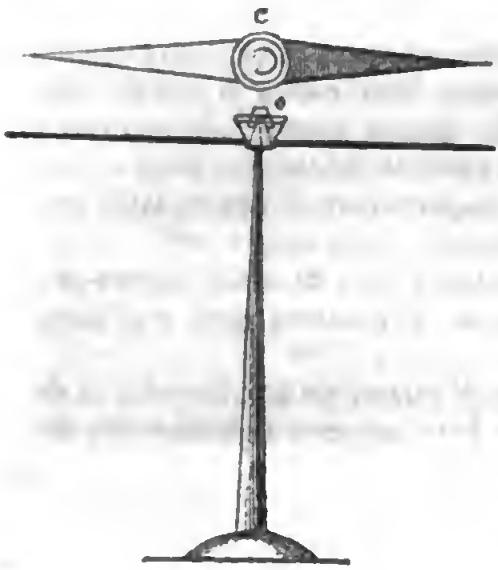


fig. 202

La mia calamita in forma di rombo (il suo nome ordinario è *ago magnetico*) è ancora quiescente, e diretta a presso a poco da mezzogiorno a settentrione. Innanzi che io la tocchi menomamente, considerate non solo questa sua situazione in universale, ma anche in particolare quella sua estremità che indica l'ultima regione del cielo. Io ora la metto in moto. Ed ecco: come è tornata nello stato di quiete, riprende perfettamente la sua prima posizione; anzi non si nota alcuna variazione nello stato delle sue due punte. Quanto bene questa calamita appalesa la polarità che è riposta in lei! Chi vuol meglio conoscere l' attrazione che non ha fatto fin qui, ponga ai due poli di una calamita a ferro di cavallo un pezzo

di ferro dolce, la così detta àncora (anche una chiave comune può servire) e lo carichi di tanti pesi, quanti ne può portare. È chiaro che una calamita, i cui poli possono agire al medesimo tratto, deve acquistare di forza portativa ed attrattiva. Un anello serve alla sospensione del corpo in discorso.

La mia calamita, che pende liberamente, permane di nuovo perfettamente quieta nella posizione ordinaria. Ma mettendo io in vicinanza del suo polo nord il polo omonimo della mia calamita a ferro di cavallo, comincia subito a girare, e ci mostra principalmente in modo assai notabile, che non è per far lega col polo nord dell'altra calamita. Al tutto lo stesso fenomeno ci danno i poli australi delle due calamite. Ma se io accosto al polo nord dell'ago il polo sud, o al polo sud di quello il polo nord dell'altra calamita, i poli di quella calamita che pende liberamente si danno tutta la pena di congiungersi coi poli di diverso nome della seconda calamita, e le stanno tanto tempo attaccati finchè una forza straniera di nuovo non li divida. I miei esperimenti vi hanno fatto conoscere del resto una legge importante: essa suona così:

I poli di egual nome si respingono; i poli di nome diverso si attraggono. Con ragione adunque noi chiamiamo quei poli *nemici*, e questi all'incontro *amici*.

Dopo le nozioni date intorno all'attrazione ed alla polarità della calamita, altri dee potersi facilmente spiegare una quantità d'ingegni e giuochi, p. e. i cigni e pesci magnetici, l'incantatrice magnetica, l'orologio magnetico, la cassetta profetica magnetica ecc.

§. 3.

Dell'eccitazione del magnetismo nel ferro e nell'acciaio.

Per farvi trovare una terza notevole proprietà nella calamita, io la ravvolgo di nuovo in limatura finissima di ferro, ed essa vi si presenta tosto avanti agli occhi. Chi non vede, per esempio, che la calamita non si circonda di particelle di ferro nello stesso modo che fa un corpo bagnato di granelli di sabbia, in cui è stato ravvoltolato? Invece di disporsi una qua, una là, moltissime particelle di ferro si allineano anzi l' una accanto all' altra, formano pennacchi della lunghezza di parecchie linee, e mostrano così, specialmente ai due poli, che esse stesse sono diventate magneti-

che. Di questa influenza della calamita ci convincono anche meglio alcuni aghi di ferro. Non ostante che essi per se medesimi non abbiano alcuna vaghezza di attrarsi reciprocamente, pure al primo, quando questo è portato da una buona calamita, se ne attacca un secondo, al secondo un terzo, al terzo un quarto ecc. Se io da questa singolare catena tolgo il primo anello, vale a dire la calamita, tutti gli anelli si staccano, perchè non sono più tenuti insieme. Ora io fo un terzo esperimento, e ne mostro i risultati in pari tempo in un disegno sulla lavagna. Porti primamente la calamita *b a* (fig. 203, il cilindro di ferro *f*; ora io avvicino della sottile limatura di ferro alla sua estremità inferiore. E noi vediamo allora che le linee della limatura di ferro partendo dall'estremità libera del cilindro *f* si fanno sempre più piccole; che inoltre verso la sua estremità superiore si trova un punto dove l'attrazione è zero; che finalmente sopra questo punto s'attacca di nuovo la limatura di ferro, ma con direzione opposta: brevemente, che il cilindro *f* è divenuto una calamita formale con 2 poli ed una linea neutra. Del resto l'ultima non coincide coll'asse geometrico. Chi ne' miei esperimenti non si serve di limatura di ferro, ma di limatura d'acciaio, e invece d'aghi di ferro di sottili pezzolini di buon acciaio temperato, si convince abbastanza, che l'azione della calamita si spiega più lentamente sull'acciaio, ma che, magnetizzato che sia, rimane lungamente magnetico. Un ago comune da cucire p. e., che noi abbiamo lasciato circa una mezz'ora a contatto con una calamita, anche dopo molto tempo che l'abbiamo separato da lei continua ad attrarre la limatura di ferro, e sospeso ad un filo continua a dirigersi da mezzogiorno a settentrione. Il ferro dolce si comporta affatto diversamente rispetto ad una calamita.

fig. 203

L'esperienza, che il ferro e l'acciaio dolce si magnetizzano sotto una perseverante azione della calamita, e che poi riperdono tutta la virtù comunicata loro, ci costringe a servirci soltanto dell'acciaio temperato alla preparazione delle calamite artificiali. Sopra la qualità e il grado della temperatura, gli artefici sono di diverso parere. Gli aghi d'acciaio, che sono stati temperati perfettamente, e ricotti fino al colore giallo-paglia, o meglio, dall'incandescenza sono stati spenti nell'olio bollente di lino, sebbene s'impregnino difficilmente del magnetismo, sono finora ottimamente riusciti.

Questa lastrina d'acciaio è ancora affatto priva di magnetismo; onde non vi si attacca neppure una particella di ferro. Ora io pongo

sul suo centro un polo della mia calamita a ferro di cavallo, per esempio il polo nord sotto un angolo di 10 a 15 gradi; lo striscio a varie riprese, mentre in pari tempo esercito alcuna pressione, nella stessa direzione fino all'una estremità, e non dimentico di riportarlo dopo ogni fregamento per un'altra più lunga via nella prima posizione, perchè non indebolisca di nuovo la forza già eccitata. Dipoi io fo col polo sud sulla seconda metà della lastrina di acciaio un numero egualmente grande di fregagioni del detto genere. Mentre io finalmente circondo la lastrina d'acciaio di sottile limatura di ferro, noi scorgiamo la sua forza d'attrazione magnetica; anzi nelle grandi barbe alle due estremità si dimostra nel più bel modo anche la sua polarità.

La forza della quale parliamo si può comunicare per mezzo di due calamite ad una verga d'acciaio in un modo più semplice e insieme più efficace, che per l'altro mio processo, detto di *contatto semplice*. Il metodo a due calamite si chiama di *doppio contatto*. In questo caso noi ponghiamo la verga o la lastrina tra due forti fasci magnetici per tal modo, che i poli eteronomi sian conversi l'uno verso l'altro (fig. 204). Poi si prendono le due calamite da adoperarsi ai fregamenti, l'una nella destra, l'altra nella

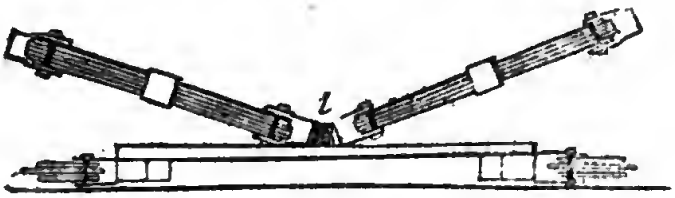


fig. 204

sinistra mano (del resto basta anche *una sola* calamita quando sia curvata a ferro di cavallo), si pongono sul mezzo della verga da magnetizzarsi, e si mette tra le loro estremità inferiori, perchè queste restino sempre un poco lontane l'una dall'altra, un pezzettino di legno, d'ottone o di piombo *l*. Ora si frega lentamente fino all'una estremità della verga, e poi, ma senza sollevare le calamite, fino alla seconda estremità di quella, si ripete a più riprese, e all'ultimo non si trascura di levar via le calamite nel punto ove furono deposte. Il doppio contatto dà nel vero un forte magnetismo; ma, essendochè possa produrre facilmente dei punti conseguenti o almeno quasi sempre poli di forza ineguale, non può applicarsi a magnetizzare quegli aghi e quelle verghe, che devon servire alle indagini delicate. Notate:

1. *In ogni specie d'eccitazione della forza magnetica, quei punti, che si toccano per ultimo l'un l'altro, formano i poli amici o eteronomici.* — Per l'esperimento relativo a questo principio non occorre più altro che sapere qual sia quella metà della lastrina d'acciaio che fu fregata col polo nord o col polo sud, e lasciar galleggiare la lastrina sopra un sostegno di legno o sughero in una scodella d'acqua finchè il piccolo galleggiante si fermi. La lastrina d'acciaio sospesa a fili di seta non torta, volgerà il capo nel quale il polo nord ha eccitato il magnetismo, verso il sud, e l'altro, fregato col polo sud, verso il nord.

2. *La calamita perde poca forza e probabilmente punto di forza in un fregamento regolare.* — Noi possiamo pertanto, anche quando possediamo un solo corpo di questa specie, magnetizzare quel numero di verghe d'acciaio che ci piace, e collegandole insieme, formare una forte calamita composta.

3. *Le circostanze importanti, che io ho mentovato sotto i numeri 1 e 2, ci conducono quasi involontariamente a pensare, che il magnetismo deve esistere nel ferro e nell'acciaio originariamente, sebbene in istato latente, e che per conseguenza la calamita in ogni magnetizzazione può considerarsi come eccitatrice senza più di quella forza assopita.* — Ora avendo noi riscontrato due forze magnetiche opposte l'una all'altra, noi dobbiamo ammettere anche due fluidi magnetici, l'uno de' quali predomina in uno dei poli, l'altro nell'opposto. Noi però non potremmo mai con perfetta certezza riscontrare se il nostro pensiero sia giusto; tuttavia noi lo tenghiamo fermo, perchè ci dà il modo di riunire sotto un solo punto di vista i diversi fenomeni magnetici.

4. *Come i fluidi magnetici non passano da una calamita nel ferro, così pure non trapassano da una molecola ferrea alla sua vicina.* — Chi voglia convincersene tagli un filo di ferro, quando è ancora in contatto con una calamita, giusta la sua linea neutra e troverà che quel pezzo, che resta attaccato alla calamita, manifesta dopo, come prima faceva, tutte le proprietà di una calamita; l'altro all'incontro ch'esso ha staccato, non palesa neppure una proprietà magnetica. Come sarebbe adunque possibile che nel pezzo tagliato si potesse essere accumulato l'un fluido magnetico? Se noi a tutto questo uniamo anche l'idea che i fluidi magnetici non passano da una molecola all'altra, ma possono star separati in ogni molecola per sè appresso a poco come mostra la qui aggiunta figura 205 (il fluido magnetico di egual specie in ogni particella si volge verso la stessa banda) si possono assai bene togliere via tutte le contraddizioni in cui ne implicano i fenomeni della decomposizione

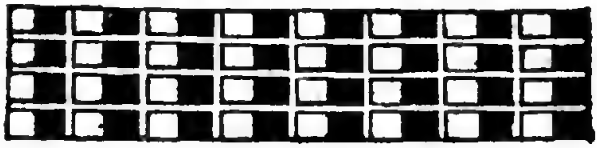


fig. 205

magnetica. Secondo questo concetto è chiaro che noi dovremmo dividere le stesse molecole, quando noi volessimo rappresentare isolati i due fluidi magnetici.

5. Prima che io mostri come la forza della calamita possa non solo mantenersi, ma anche accrescersi, rammentiamoci che *tutti i mezzi che si riferiscono a questi punti si chiamano* ARMATURE; *che inoltre la forza di una calamita armata è più notabilmente grande rispetto a quella d'una calamita disarmata; che finalmente ogni pezzo di ferro dolce, che noi mettiamo a contatto d'una calamita a fine di mantenerla in attività mediante la decomposizione magnetica prodotta in quel ferro, forma un'armatura.* Del resto intendemmo subito quanto sia agevole l'armare le calamite.

Io armo innanzi tratto la mia calamita naturale, cioè agguaglio con la lima i suoi poli, vi adatto rasente un pezzo di ferro dolce, munendolo di due piedi al di sotto di quelli, rivesto finalmente il resto del corpo con una lastra d'ottone. Le parti *l* ed *l'* (fig. 206) si chiamano le *ali*, *p* e *p'* i *piedi dell'armatura*; le *prime* sono grosse circa una linea, e larghe quasi quanto la stessa magnete; i *secondi* rispetto alla loro estensione dipendono solo dalla forza della calamita.

Io ho inoltre qui parecchie verghe d'acciaio a ferro di cavallo. Essendo già magnetizzate, non mi resta altro a fare che di porle l'une sovra l'altre, come dimostra la qui aggiunta figura 207, in modo che esse dai due lati delle verghe medie, notevoli per lunghezza e grossezza decrescano a forma di scala e proprio simmetricamente. Due viti *a* ed *a'* le tengano ferme; un cerchio *n n'* serva ad appenderle, ed un pezzo *p p'* di ferro dolce formi l'armatura. Occorre appena il dire che per una calamita a ferro di cavallo armata così dobbiamo prender sempre un numero pari di verghe.

Finalmente io unisco queste dodici verghe d'acciaio diritte, già prima magnetizzate, in un così detto *fascio magnetico*, vale a dire io le metto l'une sopra l'altre, per esempio in modo che formino tre strati, e tutti i loro poli nord posino dall'un lato, e tutti i

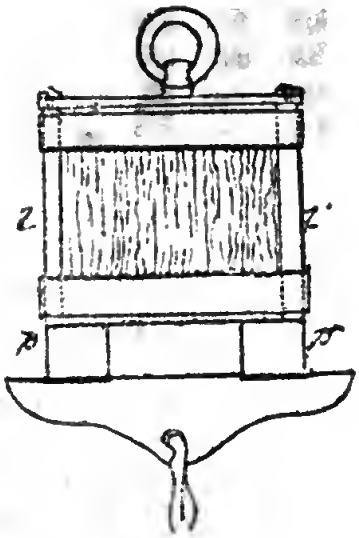


fig. 206

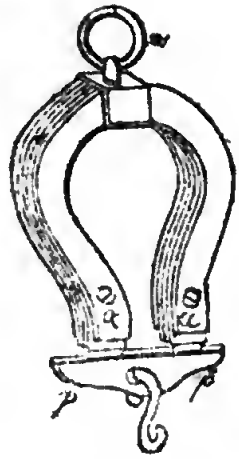


fig. 207

poli sud dal lato opposto. È chiaro che per tal modo la forza attrattiva dev'essere accresciuta notevolmente; in un fascio deve trovarsi da ogni lato un pezzo di ferro dolce (vedi anche la fig. 208) che è l'armatura propriamente detta; i legamenti d'ottone *cc'* non

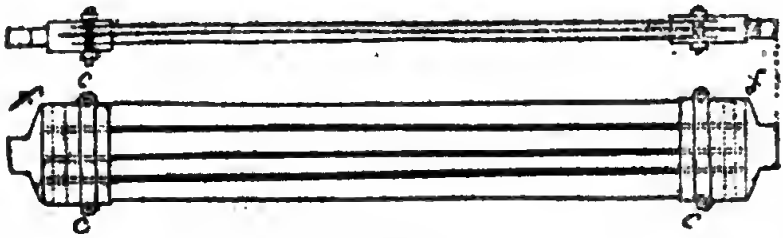


fig. 208

hanno altro scopo che di tener ferme le verghe e l'armatura. Del resto non è tanto male di separare le une dall'altre le estremità delle verghe, invece dei pezzi *f*, con parallelipedi piccoli, un poco sporgenti, fatti di ferro assai dolce.

Nelle calamite armate non meno che nelle ordinarie noi dobbiamo badare di non caricarle troppo; perchè *ogni eccesso di caricamento ha per effetto l'indebolimento della forza.*

§. 4.

L'ago magnetico.

Noi abbiamo già veduto quale parte importante sia l'ago magnetico nelle bussole e simili instrumenti; ma noi non sappiamo ancora *del suo fissamento, della sua inclinazione all'orizzonte, della sua deviazione dalla linea meridiana e delle altre sue proprietà.*

Io dissi il mio ago magnetico primieramente *librantesi liberamente;* ma è tale in tutto il valore della parola? niente affatto; perchè il piccolo cappello d'agata che è nel suo mezzo si frega sempre, anche quando è stato diligentemente perforato, al sottile piuolo, nel quale posa, e impedisce così all'ago di pervenire perfettamente nella sua propria direzione. Tuttavia nei buoni aghi magnetici si tien conto appena di quell'attrito; tanto è insignificante! Il migliore modo di accomodare gli aghi magnetici consiste in ogni caso nell'appenderli ad un filo estremamente sottile, per esempio ad uno del genere di quelli che noi tragghiamo da un bozzolo. Tolta la piccola resistenza dell'aria, ed una quasi insensibile forza di tensione, tutti gl' impedimenti del movimento libero sono totalmente levati nell'apparecchio descritto.

Io ho detto inoltre del mio ago magnetico, ch'esso mantiene la direzione dal nord al sud, e che ove ne sia tolto, vi torna sempre. Anche qui va un poco diversamente. Tirate solo sopra una tavola una linea *s n* che tenda esattamente dal sud al nord (fig. 209) e cercate poi, se la direzione dell'ago magnetico orizzontale *ab* coincida o no con quella linea. Un'occhiata superficiale vi fa tosto conoscere la sua deviazione occidentale. Se esaminate più sottilmente la deviazione per mezzo d'un quadrante, troverete che l'angolo che l'ago forma con la linea meridiana astronomica, ascende forse a 18 gradi. Ma questa deviazione, che si chiama comunemente *declinazione*, è diversa:

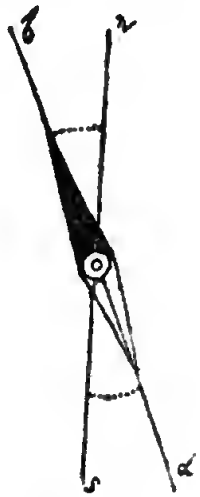


fig. 209

1. *Secondo il luogo.* — Per chiarirci di ciò noi dobbiamo andar col pensiero verso l'ovest o l'est finchè abbiamo compiuto il viaggio intorno al mondo. Noi ci mettiamo in cammino per l'ovest. Non volendo indicar tutti i luoghi, dove la direzione dell'ago magnetico

varia notevolmente, io vi dico solamente che noi da principio vediamo crescere la deviazione, almeno per le prime 100 miglia, ma che la vediamo poi decrescere quando l'angolo che la designa ha raggiunto la grandezza di 19 a 20 gradi. Finalmente il meridiano magnetico e l'astronomico coincidono insieme per la prima volta. La linea, in cui questo avviene, e pertanto la deviazione è zero, passa per la metà settentrionale dell'America, tocca nella direzione sud-est il golfo del Messico, e il Brasile, e cade anche più a basso nell'Oceano Atlantico. Al di là del quale l'ago devia a oriente, e sempre più finchè arriviamo anche lì ad un angolo di declinazione di 19 a 20 gradi. Ma questo secondo angolo diventa sempre più piccolo come il primo. La linea, nella quale affatto sparisce, va dal nord al sud per mezzo l'Asia e l'Oceano del sud. Al di là ricomincia la deviazione occidentale. Se invece di andare ad oriente e ad occidente noi avessimo presa la via verso settentrione con una direzione un poco occidentale, o verso mezzogiorno con una direzione un poco orientale, non seguirebbe quasi nessuna alterazione nella posizione dell'ago magnetico.

2. *Secondo il tempo.* — Se noi dobbiamo credere alle osservazioni, che sono state fatte nei secoli passati sopra la deviazione dell'ago magnetico, i luoghi, dove ora il mirabile instrumento indica esattamente il mezzogiorno o il settentrione, non furono sempre gli stessi. Quella prima linea per es. che taglia la maggior parte dell'America, dev'esser passata nel decimosettimo secolo per lo mezzo d'Europa e dopo quel tempo essersi sempre più allontanata da noi con movimento occidentale. Del resto la declinazione stessa si altera con l'alternar delle stagioni, anzi essa in un'ora non è così grande come nell'altra. Ad osservare tutti questi mutamenti, che ora succedono a caso e all'improvviso, ora regolarmente e periodicamente, si richiedono instrumenti molto esatti, che non è di questo luogo il descrivere.

Noi abbiamo a conoscere l'ago magnetico anche per un altro verso. Altri s'imagini una stretta lastrina d'acciaio, che prima che il magnetismo sia in essa eccitato, pende perfettamente orizzontale, alle cui due metà sia fatto poi un egual numero di fregamenti, e che finalmente posi sopra un piccolo piuolo, suo punto d'appoggio; e non ci farà poca meraviglia ch'essa dopo la magnetizzazione abbia perduto il primo equilibrio e che nelle nostre regioni la sua estremità nordica si abbassi notevolmente verso l'orizzonte. Questa nuova proprietà dell'ago noi la chiamiamo *inclinazione*. S'egli è difficile di accomodare un ago di deviazione per modo, che sparisca quasi ogni attrito, sono anche incomparabilmente maggiori gl'impedimenti che

noi incontriamo nell'uso di un ago d'inclinazione, anzi tali, che appena possiamo vincerli. Forse anche il più appropriato a dimostrare l'inclinazione dell'ago magnetico, è quell'apparato che noi osserviamo nella qui aggiunta figura 210. Vi si osservi principalmente l'asse orizzontale, mobilissimo *a b*. Come questo dall'un canto passa pel centro di gravità di un ago magnetico, è unito dall'altro con un telaio d'ottone, che è sospeso ad un filo, e permette pertanto all'ago magnetico di volgersi siccome vuole qualsivoglia forza che agisce su lui.

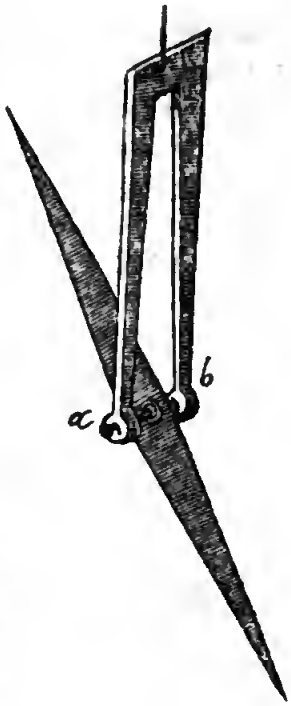


fig. 210

Posto che noi possedessimo un tale apparato, e andassimo con esso dapprima sempre più verso il nord, noi vedremmo l'inclinazione andar crescendo quasi senza interruzione, e penseremmo tosto, che in vicinanza del polo artico vi dev'essere un punto dove l'ago viene a stare verticalmente sulla superficie della terra. Nelle nostre contrade l'angolo d'inclinazione arriva circa a 68 gradi. Per portarlo a 80 gradi noi dovremmo andare verso Spitzberg o fino alla parte meridionale della Baja d'Hudson. Già Parry osservò una inclinazione di 88 gradi e 30 minuti, e si trovò pertanto non molto lontano da uno de' punti, dove l'ago magnetico cade verticalmente sulla superficie della terra. Jacopo Ross raggiunse finalmente questo punto l'anno 1831 nel viaggio del suo zio, il capitano Giovanni Ross, e fu proprio a 70° 5' di latitudine settentrionale, e 280° 54' di longitudine orientale.

Nel viaggio verso il sud le variazioni nell'inclinazione dell'ago magnetico sono incomparabilmente più moltiformi. In esso noi riscontriamo: 1. che l'inclinazione da principio sempre più decresce; 2. che tra i tropici si trova una zona, sopra cui l'ago magnetico si libra orizzontalmente, e pertanto non mostra nessuna deviazione; 3. che oltre questa zona, che si chiama *equatore magnetico*, tanto più cresce l'inclinazione meridionale, quanto più c'inoltriamo nella presa via; finalmente, 4. che anche su quell'emisfero terrestre deve trovarsi un punto, dove l'ago forma un angolo retto con tutte le linee, che pel suo più basso punto sono tirate sopra la terra. Questo

punto non è stato finora scoperto. Del resto come noi dobbiamo spiegare tutti i fenomeni qui indicati ce lo insegna il seguente paragrafo; per al presente notiamo:

1. *L'equatore magnetico non è un cerchio, ma una curva a doppia curvatura e di molti flessi; ha inoltre due punti d'intersecazione con l'equatore terrestre; egli raggiunge la più grande latitudine meridionale nell'Oceano Atlantico, circa 28° all'ovest di Parigi.*

2. *L'inclinazione come la declinazione si altera nel corso del tempo; quei due punti d'intersecazione vanno da alcuni secoli nella direzione d'oriente ad occidente.*

3. *Poichè l'inclinazione dell'ago magnetico è assai grande nell'alte latitudini, ivi la bussola non serve più a nulla ai naviganti, come hanno mostrato le ultime spedizioni al polo artico.*

§. 5.

Del magnetismo terrestre.

I fenomeni, che mostrano gli aghi di due specie, singolarmente gli aghi d'inclinazione, ci costringono a tenere tutto il globo terrestre per una calamita grande, ma ragguagliatamente debole. Solo con questa ipotesi ci riesce facile il dare tutte le spiegazioni che qui si riferiscono.

I poli degli aghi magnetici si rivolgono manifestamente ai poli amici della magnete terrestre; si volge per es. al polo nord della magnete terrestre quel polo di ogni piccola magnete, che noi per la sua direzione settentrionale chiamiamo del pari il *polo nord*, sebbene dovesse propriamente chiamarsi il *polo sud*. Le variazioni che noi abbiamo scorto rispetto all'inclinazione e declinazione dell'ago sembrano venire da ciò, che l'asse della magnete terrestre non conserva sempre la stessa direzione. I più ascrivono le variazioni diurne ed annue dell'ago magnetico all'influenza delle vicende della temperatura.

Fra le più cospicue prove del magnetismo terrestre è singolarmente l'esperienza, che delle verghe di ferro lunghe 2 in 3 piedi sospese verticalmente, o quel ch'è sempre da preferire, nella direzione dell'ago d'inclinazione, ed esposte all'aria aperta diventano spontaneamente magnetiche; il loro capo superiore forma, come mostra ogni sensibile ago magnetico, il polo nord; il suo capo infe-

riore, il polo sud. Se altri dà alcuni colpi con un martello a coteste verghe, ritengono il loro magnetismo anche quando si tolgono alla influenza della terra. Onde non dee farci stupore se gl' instrumenti di ferro d'ogni specie, tra gli altri quelli dell'opificio d'un magnano, attraggono grado grado la limatura di ferro, ed acquistano i poli magnetici e una linea neutra. Tutte le croci delle chiese, perchè l'aria passa quasi senz'interruzione strisciando su loro, acquistano a poco a poco proprietà magnetiche.

SEZIONE NONA.

L'Elettricità.

---

§. 1.

Cenni preliminari sopra le proprietà più importanti dell'elettricità

Un tubo di vetro e un cannello di ceralacca non hanno nulla in sè di notevole; e pure servono a darci qualche anticipata notizia di una delle più potenti e mirabili forze della natura. Io strofino primieramente il cannello di ceralacca sopra una delle maniche del mio abito di panno, l'accosto poi a oggetti leggieri di diverso genere e vedo volare verso di lui, qua pagliuole d'oro, e ritagli di carta, colà fili di paglia, e granelli d'arena; poi alcuni di questi corpi rimanervi attaccati, altri all'incontro tornare al loro primiero luogo. Anche più ci diverte il tubo di vetro con quella misteriosa danza, che ho descritta, se l'abbia stropicciato con una pelle secca di gatto. Appena le pagliuole d'oro, i ritagli di carta, i granelli di sabbia, ecc. l'hanno toccato ricorrono al piatto di stagno, loro sostegno; ma non prima vi sono giunti, che sono attratti di nuovo dal corpo strofinato. Rispetto a questi fenomeni dobbiamo notare specialmente tre punti:

1. *Non solo il vetro e la ceralacca, ma anche lo solfo, l'ambra, la gutta-percha, brevemente tutti i corpi, quando siano confricati nel detto modo, conseguono la mirabile forza di attrarre e di respingere quei diversi oggetti.* — Anche i metalli, l'acqua e il carbone? Certamente. Ora perchè tuttavia questi corpi, sebbene trattati nel modo detto, non palesino menomamente quella forza, ci sarà abbastanza dimostrato dal seguente paragrafo.

2. *Tutto quello che noi abbiamo veduto e udito finora dell'attrazione e repulsione del genere detto, era conosciuto dagli uomini* 600 *anni avanti C.* Nondimeno ne fecero esperimento solo per mezzo dell'ambra gialla, sostanza bituminosa più o meno trasparente, che

si trova anche al dì d'oggi abbondevolmente alle rive del Baltico. Non s'imaginarono che in questi fenomeni dell'ambra agisse una forza, la cui tremenda grandezza ci si manifesta nei temporali, ed i cui effetti sono della massima importanza dappertutto; onde credettero che portasse appena il pregio di far saggio, se altri corpi avessero o no quella proprietà dell'ambra. Di che il mondo restò affatto ignaro alcuni secoli d'una delle precipue forze della natura. Solo al principio del secolo decimosettimo uomini ingegnosi posero meglio l'animo all'oggetto indicato e scopersero non solo che corpi al tutto diversi, posseggono quella forza di attrazione e di ripulsione, quando siano stati ben strofinati, ma parecchie altre cose che eccitarono non meno fortemente la loro meraviglia.

3. *Noi chiamiamo questa nuova forza* ELETTRICITÀ. Questo nome, scelto da un punto di vista troppo particolare, deriva dalla parola *electron*, che in greco vuol dire *ambra*.

Dopo avere di nuovo stropicciato fortemente il tubo di vetro, o eccitatovi l'elettricità, come io mi esprimerò comunemente per innanzi, lo avvicino alla fronte, e sento un'impressione quasi simile a quella che proverei s'altri mi stendesse sul viso una tela di ragno. Nello stesso tempo sento un odore come di solfo o di fosforo. Or mentre io picchio con le nocche ora questo, ora quel punto del tubo di vetro, ne sprizzano scintille, chiaramente osservabili, che cagionano nel dito un lieve dolore come di puntura. In esse consiste appunto la proprietà più importante dell'elettricità. Gli esperimenti che noi instituiremo per innanzi, ci mostreranno come potremo anche assaporare l'elettricità. Non crediate però che noi per eccitare l'elettricità dobbiamo sempre confricare insieme due superficie; perchè noi possiamo conseguire il nostro intento per molte altre vie, come per es. col contatto di diversi metalli, col cambiamento di pressione, di temperatura, ecc.

§. 2.

Dei conduttori e non conduttori dell'elettricità.

Io stropiccio ora un tubo di metallo con una pelle secca di gatto; ma il successo non corrisponde alla mia aspettativa. Dovunque io volga la pallottolina di sughero, che ho attaccata ad un filo di lino, io non scorgo in nessuna parte il menomo vestigio di elettricità. Parrebbe adunque che avessero perfettamente ragione gli

antichi fisici, i quali credevano che i metalli, l'acqua, il carbone, il corpo umano e simili fossero al tutto incapaci di diventare elettrici sia per la confricazione, sia per altra via, e appoggiandosi ai loro manchevoli esperimenti divisero i corpi in *elettrici* e *anelettrici*, o in *idioelettrici* e *anelettrici*. — Ma le loro asserzioni sono fondamentalmente false, anzi al tutto da rigettare.

Primieramente io eccito di nuovo l'elettricità nel mio tubo di vetro. Toccandolo poi in vari punti della sua superficie, avverto dappertutto una pungente scintilla, e rilevo per conseguenza che il vetro lascia passare l'elettricità solo in quella parte che io tocco direttamente con la punta delle dita. Io pongo dipoi un disco rotondo di metallo, sopra un pane di ragia. Il disco è già elettrico. Ed ecco, al toccarlo, sparisce costantemente ogni elettricità, e neppure un punto della sua superficie ritiene la mirabile materia.

Se io avessi strofinato il tubo di vetro solo ad una delle estremità, ei non sarebbe divenuto elettrico che là. Tutto al contrario avviene di un tubo, disco ecc., di metallo. Le mie esperienze insegnano principalmente: esservi: 1. *corpi a cui manca la capacità di ritenere l'elettricità; e* 2. *altri che ne sono dotati*; *i primi si chiamano* CONDUTTORI; *i secondi* NON CONDUTTORI *dell'elettricità*. Tutti i metalli, l'acqua, i vapori, il carbone ben arso, i corpi degli animali e degli uomini, il fumo, la fiamma ecc., appartengono alla prima grande classe, e lascian passare liberamente l'elettricità; la resina, lo solfo, la gutta-percha, la ceralacca, l'ambra, il vetro, la seta, la lana, i peli, le piume, l'aria asciutta ecc., formano la seconda gran classe, e pertanto non lasciano passare l'elettricità.

Non potendo instituire tutti gli esperimenti che a questa materia si riferiscono, io abbraccio nei seguenti quattro punti quello che di più importante è stato successivamente trovato sui conduttori e i non conduttori dell'elettricità.

1. *È impossibile di trovare un'esatta linea di confine tra i corpi conduttori e non conduttori; anzi i corpi si distinguono probabilmente rispetto alla loro conduttività solo per la maggiore o minore resistenza, che oppongono al movimento dell'elettricità.* — Quanto più è debole questa resistenza, tanto il conduttore è migliore; quanto essa è più forte, tanto il conduttore è più cattivo. Non vi sono conduttori e non conduttori *assoluti*. Assai buoni conduttori sono: i metalli, l'acqua, il carbone e la grafite; meno buoni le piante, gli animali: piuttosto cattivi, il legno, la carta, le ossa, il marmo, ecc. Gli ultimi si dicono ancora *semi-conduttori dell'elettricità*.

2. *Fra parecchie altre cause il calorico è principalmente quello che produce notevoli variazioni nella facoltà conduttiva dei corpi solidi.* — Così p. e. il vetro, la resina, la cera, il sapone, ecc., non lasciano passare l'elettricità finchè sono allo stato solido; all'incontro, passati allo stato fluido, si possono riporre nel numero de' migliori conduttori.

3. *Se all'elettricità sono aperte due o più vie, essa entra in quella, che le offre il migliore, o il più breve passaggio.* Le più belle prove di ciò si riscontrano nell'elettricità atmosferica.

4. *Quando un oggetto è congiunto col mondo visibile solo per mezzo di un corpo non conduttore, diciamo ch'è* ISOLATO.

Il modo più comune d'isolare un corpo, è di metterlo sopra un sostegno di vetro o resina, o di sospenderlo ad un filo o cordoncino di seta. Il nostro isolatore è simile ad uno sgabello basso, senza spalliera; il sedile è d'un legno secco, coperto d'una mano di vernice; i piedi sono di cristallo grosso o massiccio. Il vetro, la gomma lacca, la seta, l'aria asciutta, ecc. sono eccellenti isolatori.

Se nessun pezzo di metallo, che stia in comunicazione con corpi conduttori, non produce effetti magnetici, quand'anche sia fortemente confricato; s'egli riesce sì difficile di spogliare mediante il contatto un oggetto di vetro o di resina di tutta l'elettricità che vi sia stata eccitata; se finalmente uno sperimento elettrico riesce di rado quando l'aria è assai umida, o la camera in cui si esperimenta, è piena di molte persone; ecco che la diversa conduttività de' corpi vi spiega nel modo più soddisfacente questo e simili fenomeni, di cui vedrete parecchi, specialmente nella teorica del temporale. Non fa bisogno spiegarvi il perchè una pallottolina di sughero, sospesa ad un filo di lino, aderisca ai corpi elettrici; invece legata ad un filo di seta, torni indietro subito che li tocca.

§. 3.

La macchina elettrica.

Tra i molti instrumenti, de' quali noi ci serviamo negli sperimenti elettrici, ve n'ha tre sui quali dobbiamo specialmente volgere i nostri sguardi: la *macchina elettrica*, l'*elettroforo* e la *pila voltaica* o *galvanica*.

Il primo pezzo importante di una macchina elettrica, è il *corpo confricato*; e nel caso nostro, è il disco di vetro *a* (fig. 211). Cre-

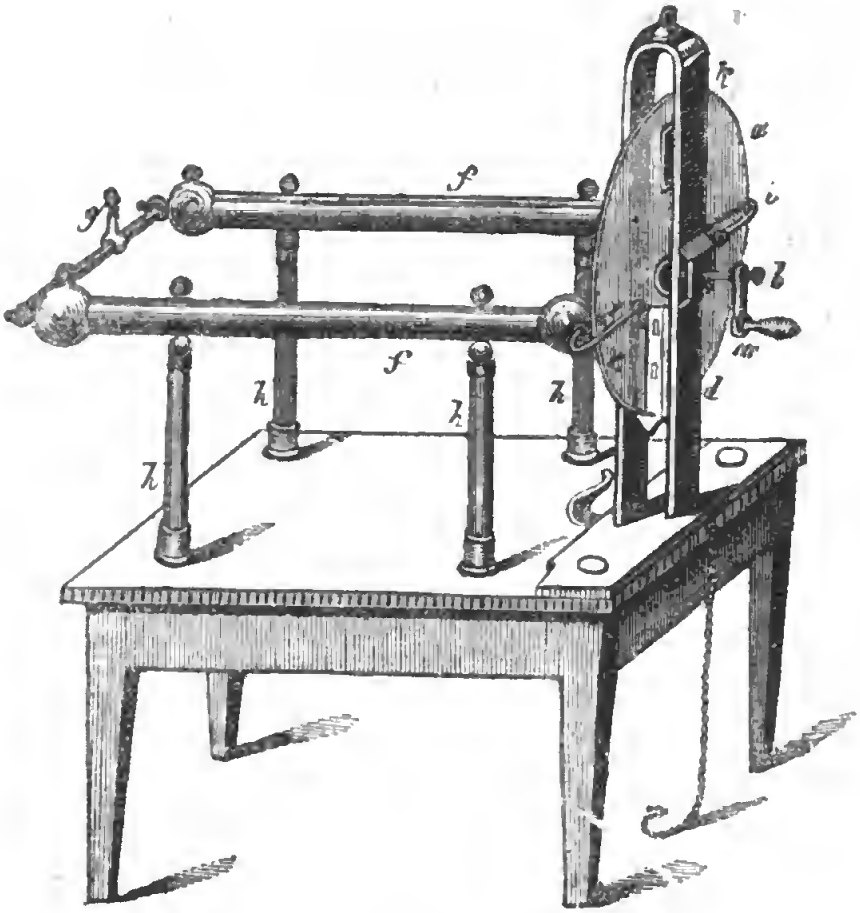


fig. 211

scendo la sua azione con la sua grandezza, è manifesto essere desiderabile avere dischi di vetro, il cui diametro ascenda almeno a 16 in 20 pollici. La destinazione dell'asse, da cui il disco è perforato nel suo mezzo, del manubrio, all'un capo *b*, come anche dei due pilastri *d* che sorreggono il disco ed altre cose, è così chiara che non ha bisogno di spiegazione. Solo l'asse col manubrio ci dà abilità di girare il disco; e deve essere un buon isolatore, se non ha a portar via l'elettricità. Pertanto gli si dà una forte mano di vernice.

La seconda parte necessaria è costituita dai *guanciali* e *ed* e' *ai due lati del disco*. Per diversa che sia la loro disposizione, sempre, a voler produrre una buona e durevole confricazione, devono toccare direttamente quella prima parte principale ed in un gran

numero di punti. Con una più minuta osservazione, troviamo: 1. che constano di un fondo metallico, di una quantità di crini di vitello o di cavallo, e d'una fodera sottile di cuoio; 2. che acciò possano eccitare moltissima elettricità tali fodere sono ricoperte di un amalgama, secco, polverulento, di stagno, zinco ed argento, e 3. che per mezzo di una molla metallica possono esser pigiati a piacere fortemente sul disco. Il loro numero si regola secondo la grandezza del corpo strofinato. Nella macchina qui disegnata, che già può esser detta una macchina di qualche rilievo, si trovano quattro cuscini; se il disco avesse soltanto circa un piede e mezzo di diametro, due basterebbero perfettamente. I pezzi di taffetà incerato, che quando noi moviamo la macchina, si posano quasi instantaneamente al disco, tendono a preservarla da tutti i contatti pregiudizievoli; vale a dire a non lasciare andar perduta l'elettricità eccitata in essa. Perchè i cuscini abbiano un fondo metallico, lo saprete più innanzi.

Terzo pezzo principale di una macchina elettrica sono i *due cilindri metallici* f, che per mezzo di *g* sono scambievolmente congiunti. I suoi nomi sono *conduttore* e *primario conduttore*. Come le colonne di cristallo *h* hanno lo scopo d'isolarlo, così i due travicelli *i*, che lo toccano all'estremità del diametro orizzontale del disco, gli adducono l'eccitata elettricità. I due bracciuoli *i* sono inoltre così disposti, che, come è talvolta necessario fare per certi esperimenti, si possono levare e avvitare di nuovo a piacere. Anche vediamo dai pilastri *d* scendere a terra una lunga catena di metallo. Lo scopo di questa parte accessoria può esser chiaro a ciascuno che sia informato della natura, e dello sviluppo contemporaneo delle opposte elettricità. Del resto ogni macchina elettrica che debba operare gagliardamente, dev'essere perfettamente asciutta; pertanto è assai bene di strofinare fortemente per mezzo di panni di lana caldi, i dischi e tutti gli isolatori, prima di servirsene.

Ecco qua una seconda macchina elettrica (fig. 212). Invece del gran disco, che forse senz'altro costa 10 talleri, essa ha un cilindro *a* di cristallo ordinario di color verde lungo da 12 pollici, e grosso 6. Il corpo confricante come il confricato, è di notevole semplicità. L'unico cuscino *e* si trova appunto sotto *a* e può essere avvitato ora più ora meno fortemente al cilindro di cristallo. Anche un pezzo di taffetà è fermato alla metà superiore del cilindro. Quello che riluce sì bellamente nei conduttori *v* ed *r* è una sottile copertura di metallo che in certo modo li riveste. Essi sono di legno o di cartone. Le colonne poi sopra le quali si appoggiano, sono precisamente come l'altre, che sostengono il cuscinetto, di legno disseccato, e perchè non s'inumidiscano sì facilmente, ma

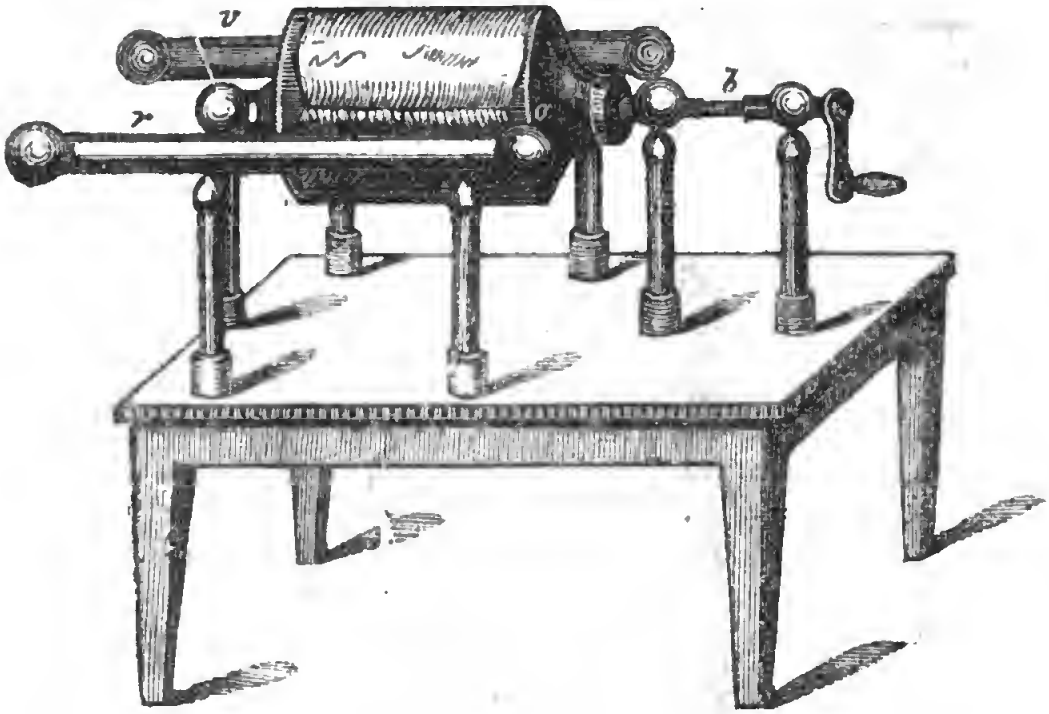


fig. 212

invece isolino sempre perfettamente i due conduttori, sono intonacati con una buona vernice di gomma o cera lacca. Finalmente si badi che il conduttore *r* si congiunge al cuscino *e*, ma che il conduttore *v* in quel lato che volge al cilindro di vetro *a*, è munito di punte. Possa questa breve descrizione insegnare a quelli, a cui nel loro studio della fisica mancano migliori instrumenti, a farsi una di queste macchine a cilindro per poter fare con essa gli sperimenti elettrici più necessari.

Inventore della macchina elettrica si dice Ottone di Guericke, quel medesimo Borgomastro di Maddeburgo, al quale dobbiamo la macchina pneumatica. Ma la sua macchina era ancora più semplice assai che l'ultima descritta di sopra; ella era composta senza più di una gran palla di solfo che per mezzo di un manubrio era strofinata ad un panno di lana, che uno teneva in mano. La prima macchina elettrica perfetta fu costrutta nel 1742, vale a dire circa 100 anni più tardi, da Hausen e Winkler a Lipsia.

Ora io rivolgo i vostri sguardi sopra una macchina elettrica affatto nuova. Alcuni anni fa in Inghilterra un operaio teneva l'una mano nel vapore, che usciva con forza da una fessura d'una caldaia, e

toccando per caso con l'altra mano la valvula, ricevè una scossa elettrica. Questo naturalmente fece impressione e particolarmente tra i fisici promosse un più ampio studio del notevole fenomeno. Finalmente l'anno 1840 un certo *Armstrong* costruì una macchina elettrica a vapore, che rispetto all'efficacia si lasciò di gran lunga indietro tutte le antecedenti. La figura 213 qui aggiunta ve la dimostra.

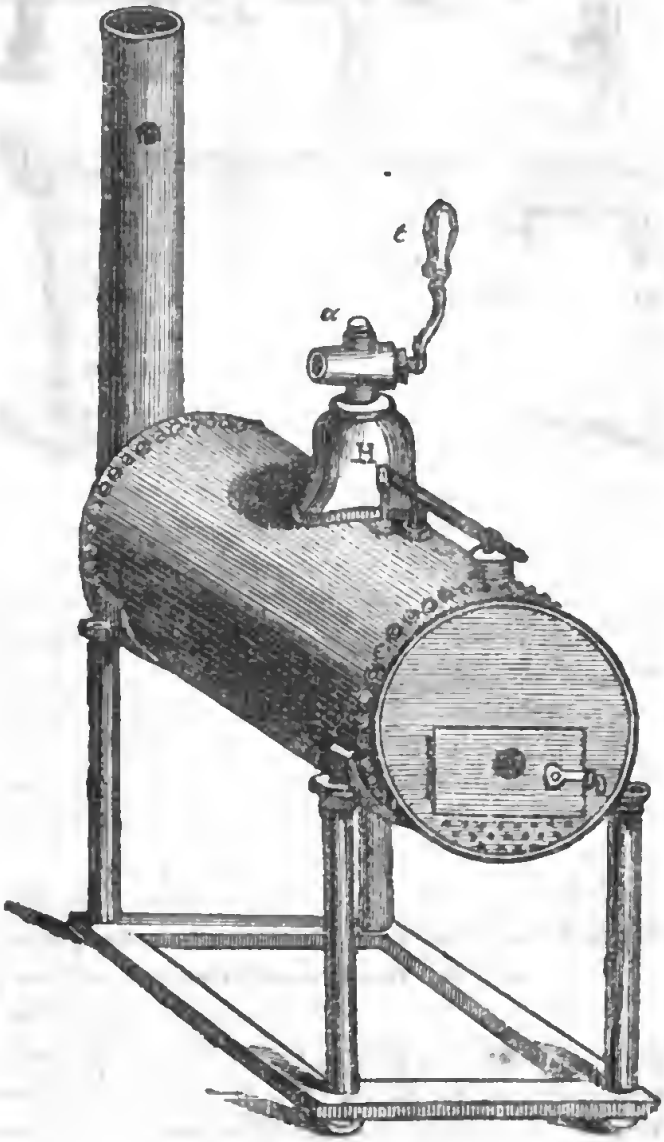


fig. 213

La caldaia si appoggia sopra 4 piedi di cristallo: è lunga circa 3 piedi, grossa circa 16 pollici, e ha superiormente un cappello con

un tubo corto d'ottone. L'ultimo serve ad avvitare le aperture di sbocco o di efflusso, e può esser chiuso per mezzo d'una chiavetta. La valvula di sicurezza che voi vedete posta avanti al cappello, viene alzata dal vapore, quando esso esercita sopra un pollice quadrato una pressione di 90 libbre, vale a dire di 6 atmosfere. I sei tubi *d d'* (fig. 214) che formano le aperture di sbocco o d'efflusso, son posti orizzontalmente, e passano per una cassetta di lama d'ottone, l'acqua fredda della quale è destinata a condensare almeno una parte del vapore, e ad accrescere così l'efficacia della macchina. Tutti i vapori, per un tubo d'ottone, ch'è stato posto sopra un'apertura *o* nel coperchio della cassetta, vengono tradotti nel camino e finalmente all'aperto. Questo tubo è segnato nella figura principale con *n*.

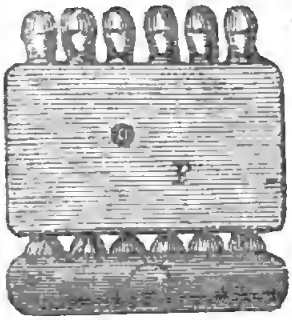


fig. 214

Posto che l'apparato che ci viene dimostrato dalla seconda figura sia avvitato sulla caldaia e che il vapore abbia ottenuto la necessaria espansibilità, allora non si ha che ad aprire con un quarto giro del manubrio *t* la chiavetta che chiude, perchè il vapore sgorghi copiosamente e la caldaia diventi gagliardamente elettrica. Per mezzo di una tal macchina idro-elettrica, si può caricare perfettamente in 30 secondi una batteria di 36 piedi quadrati (vedi §. 8). La cagione di questo forte sviluppo di elettricità è riposta in ciò che i vapori e le particelle d'acqua miste con loro si strofinano alle pareti dei tubi di efflusso. La caldaia a vapore è in certo modo il conduttore della macchina.

§. 4.

Di alcuni esperimenti da farsi facilmente per mezzo d'una macchina elettrica.

Io ho qui primamente un gomitolo di cotone. Posto in vicinanza del conduttore, esso distende da principio tutti i suoi piccoli fili verso di lui, poi gli vola presso, ma nell'istante che lo tocca, ne è di nuovo respinto. Anche più interessante è l'esperimento con una palla di sughero, o di midollo di sambuco, cui è aggiunto qualche paio di appiccagnoli in forma di piedi di ragno. L'ultimo balocco si chiama il *ragno elettrico*.

Secondariamente in questo cucchiaio di latta arde una porzione di fine ceralacca (fig. 215); io l'avvicino al conduttore, ma quando

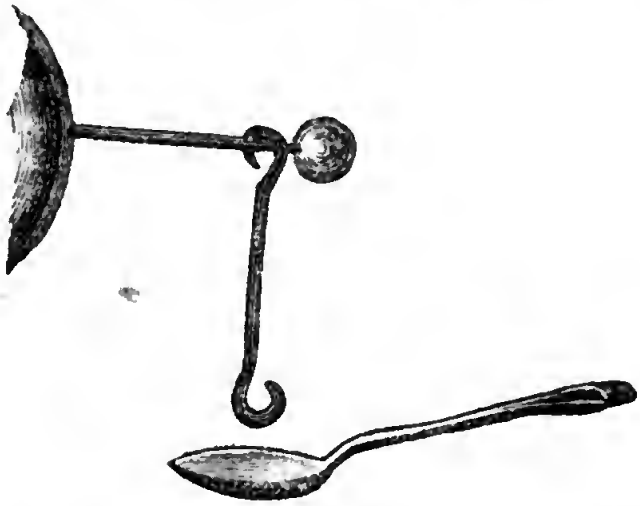


fig. 215

gli è presso, prestamente si spegne. Solo così noi godiamo il piacere di veder formarsi una quantità di punte sopra d'essa, mentre fuma ancora. La canfora, trattata per tal modo ci dà anche più belle punte e ci palesa ancor meglio come un corpo elettrico agisce attrattivamente sopra simili cose.

In terzo luogo io scaldo alla fiamma d'una candela dello spirito di vino in un altro cucchiaio di latta, fermo l'oggetto sul conduttore, giro la macchina e tengo uno de' miei diti a poca distanza dalla superficie del liquido, senza tuttavia immergerlo. Tosto esce una favilla dal cucchiaio e nel passare accende lo spirito. Lo stesso succede dell'etere solforico, che però con macchine deboli non può essere neppure scaldato. Chi vuol avere la soddisfazione di accendere qualche cosa senza servirsi del fuoco, si ponga sopra uno sgabello isolante, prenda con una mano o lo stesso conduttore, o una catena metallica che parta da lui, e avvicini poi l'altra mano al cucchiaio di etere solforico, o di spirito di vino riscaldato che si trovi in mano d'una persona che sta liberamente sul pavimento. Allora le scintille, dirette in verso contrario, vanno dal dito verso il cucchiaio, e producono la graziosa fiamma. I fenomeni che ci offre il conduttore, si ripetono in tutte le persone che stanno in comunicazione con esso ma non con altri corpi. Perchè nessuno dubiti della verità dei miei detti, io salgo di nuovo

sopra lo sgabello isolante, stringo il conduttore con una mano, e mi fo toccare ora a questa ora a quella parte del corpo. Ed ecco, da me escono faville per ogni parte, come se io stesso fossi il conduttore. È manifesto che io posso comunicare le scintille anche ad altri.

Colloco il piccolo filo d'ottone sottilmente acuminato dai due lati, piegato in forma di S, che ha nel mezzo appunto una piccola incavatura conica, sopra un piccolo sostegno isolato, e pongo l'ago di questo per mezzo di una catena in comunicazione col conduttore della macchina elettrica. È facile vedere quello che dee seguirne; il piccolo filo d'ottone, o la così detta ruota deve subito cominciare a girare. In quinto luogo, quando io ho messo sopra un piatto di stagno parecchi pezzi d'oro in foglie e insieme fantoccini di carta e di midollo di sambuco, io lo avvicino ad un altro piatto di metallo, il quale, come mostra la fig. 217, è appeso al conduttore. Ancora tutte le foglioline e figure stanno quiescenti sul loro sostegno; ma quando io metto in moto la macchina, ecco, levarsi un corpicciuolo dietro l'altro, saltare nel piatto superiore, scendere su quello di sotto, risalire per la seconda volta ecc. Questo interessante giuoco noi lo chiamiamo *danza elettrica*. Chi vuol impedire che le fogliuzze e le figure se ne volino, rinchiuda i due piatti nel modo che è chiaramente mostrato dalla fig. 218, in un cilindro di cristallo largo ed aperto per di sotto. Se io avessi posto dei granellini secchi di sabbia invece dei corpicciuoli, io avrei prodotto la pioggia elettrica. In generale tutti i fenomeni qui descritti ammettono le più svariate modificazioni. Ancora più dilettevole che la danza dei fantoccini, è lo scampanìo elettrico. Voi vedete qui tre campanelli appesi ad una piccola striscia di lama d'ottone. È assai singolare che ciascuno di essi è senza battaglio, e solo in quello di mezzo si trova un gancio, a cui è fissata una catena conduttrice. Non è meno osservabile che i campanelli laterali stiano in comunicazione con la lastra d'ottone, mediante una sottile catena, e quello di mezzo al contrario per un filo di seta. Anche i due piccoli battagli di metallo sono raccomandati ad un filo di seta. Ora io metto in comu-

fig. 216

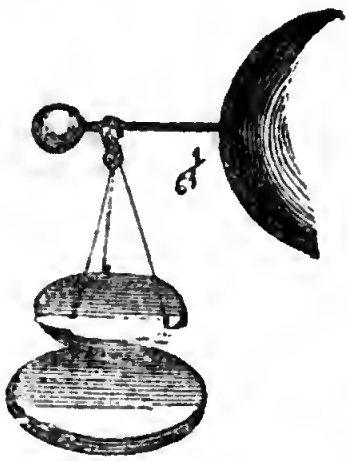


fig. 217

nicazione tutto l'apparato col conduttore elettrico. Tosto i battagli si avventano ai campanelli laterali; respinti da questi percuotono quello di mezzo; poi tornano ai primi, e di nuovo al secondo ecc., e producono per questo modo il più gentile tintinnio. Tutto il fenomeno dipende, come tutti gli altri già descritti, dalla forza attrattiva e repulsiva dei corpi elettrici. Posto che il campanello di mezzo fosse come i laterali fissato ad una catena metallica, non dovrebbe elettrizzarsi, quando la macchina si mette in moto, e cercare di attrarre a sè il battaglio? Pertanto è necessario sospenderlo ad un filo di seta, e munirlo al di sotto di una catena conduttrice, perchè non conservi la concepita elettricità. La figura 219 ci mostra

fig. 218

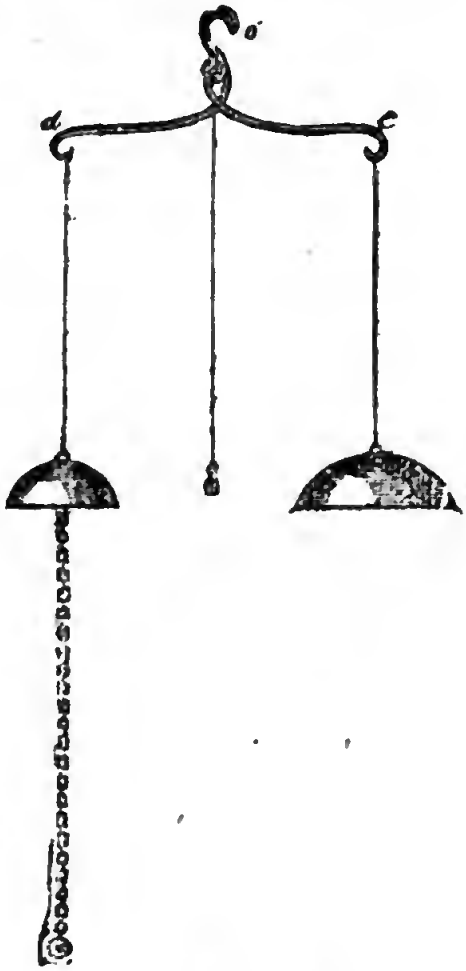


fig. 219

anche un giuoco più semplice di campanelli, in essa non si vede un piedestallo isolante, e i campanelli son due soli. Occorre appena di

dire in ultimo che noi preferiamo i campanelli consoni, vale a dire che essi, quando p. e. son 3, diano un accordo in maggiore p. e. *ut, mi, sol.* Finalmente io empio il mio piccolo recipiente di metallo di una mescolanza di gas idrogeno e d'aria atmosferica, e pertanto di gas fulminante, facile ad infiammarsi e lo chiudo per di sopra d'un turacciolo di sughero; di poi fo cadere una scintilla elettrica sulla palla *b* (fig. 220) ch'è fermata alla parte inferiore del vaso ed è in comunicazione con lo spazio interno per mezzo di un filo metallico. Nel cadere della scintilla, noi udiamo un forte scoppio, e vediamo il turacciolo esser lanciato via. Il nuovo apparato si chiama la *pistola elettrica.* Chi vuol vedere come agisca, badi: 1. che il filo di metallo s'addentra molto nel vaso, ed a ciascuna estremità porta una piccola palla *b* e *b'*; 2. che per mezzo di cera lacca è saldato in un tubo *l l'* e questo è similmente in un'apertura della parete laterale; e 3. che ogni scintilla elettrica, ch'è condotta a traverso il filo, dalla palla *b'* ripercuote sulla parete opposta, e accende il gas fulminante. Talora si dà al recipiente anche la forma d'un cannone (fig. 221); questo fuor di dubbio risica meno di spezzarsi. Del resto anche la più debole scintilla elettrica accende il gas fulminante. Chi vuol convincersi, che tra il filo e il vaso passano realmente

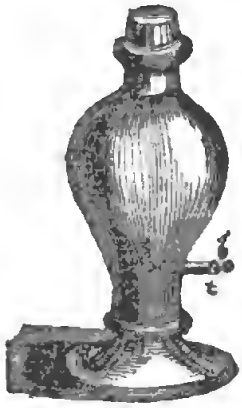


fig. 220

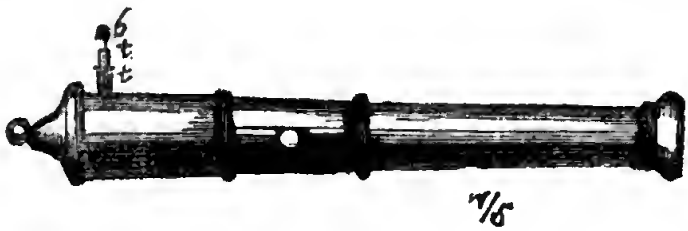


fig. 221

delle scintille, non ha che a levare il turacciolo di sughero, per vedere entro all'interno. Anche più facilmente si può far prova che la peluria messa in comunicazione col conduttore s'inturgidisce; che i capelli di una persona che sta sopra uno sgabello isolante

si drizzano; che il fumo d'una lucerna che si spenga col soffio è attratto e poi respinto dal conduttore; che l'acqua elettrizzata che scorre per uno stretto tubo, si muta in fina pioggia, ecc.

§. 5.

L'elettroscopio o l'elettrometro

Poichè in molti casi noi non possiamo subito decidere se un corpo sia elettrico o no, è manifesto essere necessario avere instrumenti, che dimostrino anche i più deboli gradi di elettricità. Questi instrumenti ora si dicono *elettroscopii* ora *elettrometri*, vale a dire *estimatori* o *misuratori* dell'elettricità. Io dirigo la vostra attenzione solo sopra alcuni di loro, cioè:

1. *Il pendolo elettrico.* — È una palla di midollo di sambuco, raccomandata ad un sottil filo di seta. Volendo servirmene, io lo sospendo ordinariamente nel modo, che voi lo vedete qui figurato (fig. 222), e gli avvicino poi que' corpi, de' quali voglio conoscere lo stato elettrico. Quanto più presto è attratto da essi, tanto è più forte l'elettricità che si cerca; quant'è più tarda quell'attrazione tanto è minore l'elettricità. Se noi poniamo a ciascun capo di un filo di lino una simile palla, noi possediamo un secondo instrumento, che ci dimostra parimenti i menomi gradi

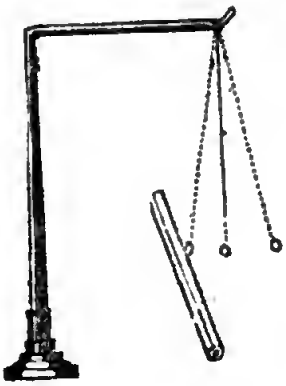


fig. 222

fig. 223

di elettricità. Quanto a questo ultimo instrumento, noi sogliamo farlo andare sopra il corpo da esaminarsi, in modo che le palle si tocchino scambievolmente, e dal grado col quale fuggono l'una dall'altra, deduciamo la misura dell'elettricità loro comunicata.

2. *L'ago elettrico.* — La figura 223 ve lo dimostra. Consta di un filo d'ottone, che termina con due piccole palle, e nel cui mezzo

è affisso un cappelletto di agata. Quelle palle sono cave, perchè devono essere leggiere al possibile; il cappello di agata posa sopra una sottil punta, perchè una forza elettrica estremamente piccola muova l'ago. Non occorre spiegazione quanto al modo di fare l'esperimento; altresì il principio: *l'ago elettrico è ancor più sensibile che il pendolo elettrico*, è così chiaro che non ha bisogno di prova.

3. *L'elettrometro a quadrante di Henley.* — Le sue parti principali sono (fig. 224): 1. un semicerchio di cristallo o d'avorio, diviso in gradi; 2. una colonna metallica rotonda, verticale, che sostiene quel primo pezzo principale, può essere avvitata sul conduttore della macchina elettrica, e levata di nuovo; 3. un pendolo leggiero, assai mobile, d'osso di balena, che ha il suo punto di sospensione nel centro del semicerchio, e ha inferiormente una piccola palla di sughero o di midollo di sambuco. Quanto è più forte la carica, tanto più alto sale naturalmente il pendolo. Se resta poi immobile in un certo luogo, ci dà una nuova prova, che un corpo perde di nuovo a mano a mano l'elettricità che gli abbiamo comunicata. All'aria umida questa perdita è di assai momento.

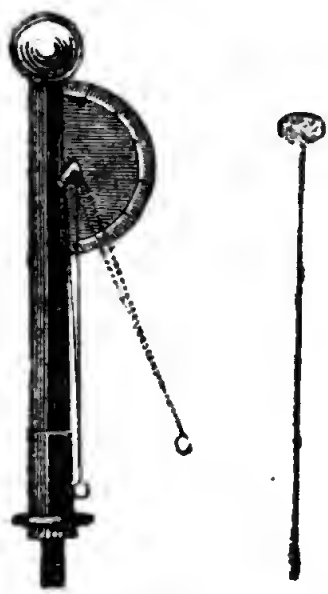


fig. 224 fig. 225

4. *L'elettrometro di Bennet.* — Questo consta di due sottili laminette d'oro, lunghe circa a due pollici e che ordinariamente sono attaccate con un poco di chiaro d'uovo ad un pezzo di metallo cuneiforme. Il luogo chiuso in cui stanno sospese le laminette, ha pareti di cristallo da specchio, e nel mezzo del suo fondo un'apertura, per la quale può spingere nell'interno una cassetta con alcuni pezzi di cloruro di calce. Le lastre di cristallo sono saldate ermeticamente ed anche la cassetta incastra quanto mai meglio. Il cloruro di calce serve a mantenere asciutta l'aria dello spazio interno. L'arco graduato determina anche nello elettrometro di Bennet la forza dell'elettricità.

5. *Il piano o disco di prova.* — È (fig. 225) fatto di latta sottile, d'orpello o carta dorata, ha solo un mezzo pollice di diame-

tro, ed è sostenuto nel suo mezzo da un bastoncello di cristallo sottile, e buon isolante. Noi ce ne serviamo prima: 1. per quei corpi, che sono troppo fortemente elettrici, perchè possano essere avvicinati all'elettrometro; e 2. per gli altri, ma soltanto conduttori, sulla cui superficie vogliamo ricercare la distribuzione della elettricità. Toccare i corpi da esaminarsi e comunicare l'elettricità così ottenuta alla pallina dell'elettrometro già prima scaricato con le dita, sono le due operazioni che noi dobbiamo fare con esso.

§. 6.

Le due specie di elettricità.

Chi, come io fo al presente, comunica a due pendoli elettrici l'elettricità 1) d'un tubo di vetro, e 2) d'un bastoncello di lacca piatta o ceralacca, crede, in quanto le piccole palle si fuggono, che le elettricità di una massa di vetro o di resina, siano perfettamente identiche. Ma egli va errato. Imperocchè, chi poi, come io fo ora, comunica all'un pendolo l'elettricità di quel corpo, e all'altro l'elettricità di questo, si convince, poichè ora le palline di sughero vanno l'una verso l'altra, che possono considerarsi come opposte tra loro. Prima che io faccia nuovi esperimenti, notate:

1. *Sul fondamento dei fenomeni d'attrazione e di repulsione testè prodotti, si suppongono due diverse elettricità, le quali, considerata ciascuna in sè, mostrano la massima analogia; ma, ragguagliate insieme, mostrano la più notevole differenza.* — Du Fay, fisico francese, l'indicò primamente l'anno 1730, e nominò l'una *elettricità vitrea*, l'altra *elettricità resinosa*. Dopo la sua morte passò gran tempo prima che altri pensasse più alla sua bella scoperta. Franklin, il famoso americano, fu il primo a riassumere le ingegnose ricerche di Du Fay, e mostrò nel modo più luminoso l'esistenza di due elettricità, e invece dei nomi di elettricità vitrea e resinosa, introdusse quelli non meno buoni, sebbene non fondati sopra nessun fatto simile, d'*elettricità positiva* ed *elettricità negativa*, +E. e —E. Ora voi intenderete l'aggiunta figura (fig. 226). Essa rappresenta gli esperimenti testè instituiti; ma con la differenza che l'una pallottolina è attratta e respinta dal tubo, l'altra dal bastoncello di lacca piatta o cera lacca. I segni + e —, e le lettere *g* ed *h* non abbisognano di alcuna spiegazione.

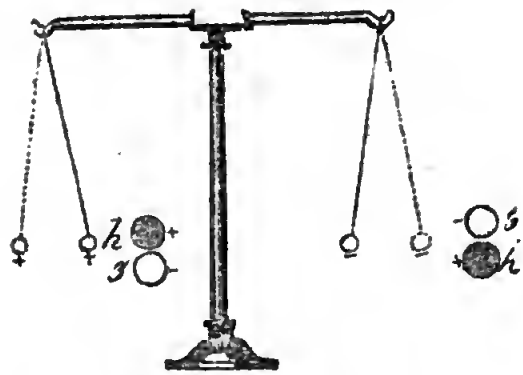


fig. 226

2. *Le due elettricità stanno fra loro in tale rapporto reciproco, che in certo modo l'aumento dell'*UNA *produce un diminuimento dell'altra elettricità.* — Chi vuol conoscere questo evidentemente ripeta gli esperimenti testè descritti, ed esamini, seguìto che sia il contatto della piccola palla, quale sia lo stato elettrico del suo pendolo. I risultati sono semplici. Se i pendoli posseggono egual quantità di elettricità diversa, l'un elettroscopio neutralizza perfettamente gli effetti dell'altro, vale a dire i pendoli tornano nel loro precedente stato anelettrico; se al contrario hanno concepito in quantità diverse le opposte elettricità, nel contatto sparisce affatto la più debole, e l'avanzo della più forte si distribuisce equabilmente sui pendoli o anche su altri elettroscopj. Ora poichè le due specie si elidono come quantità opposte, non senza ragione Franklin nominò l'una elettricità positiva e l'altra elettricità negativa.

3. *Molti esperimenti instituiti recentemente hanno insegnato, che le elettricità opposte, anche quando vengono eccitate nel modo più diverso, si producono sempre al medesimo tempo; il corpo confricato dà l'elettricità positiva; il confricante la negativa, o quello la negativa, questo la positiva.* — Volendo confermare anche questa legge con un esperimento, io isolo primamente due dischi di diverse materie, p. e. di vetro e di legno (l'ultimo è come tutti i cuscini di una macchina elettrica rivestito di cuoio ed impiastrato con un qualche amalgama) mediante due bastoncelli di vetro o di ceralacca e li frego replicatamente insieme. La qui aggiunta fig. 227, vi dimostra il mio processo. I due dischi, finchè si toccano reciprocamente, appaiono anelettrici; ma tostochè li separiamo l'uno dall'altro, il disco di vetro dimostra l'elettricità positiva, e il disco di resina la negativa. Chi ha finora in tutti i suoi esperimenti osser-

vato solo una specie di elettricità, ne cerchi la cagione in questo che il corpo confricante non era isolato, e che pertanto la sua elettricità poteva effluire nel punto che si produceva.

4. *La specie dell'elettricità è determinata dalla natura del corpo confricante e del confricato.* — Il vetro lustro, per es. strofinato con panno di lana, prende l'elettricità positiva, ed all'incontro quando il corpo strofinante è una pelle di gatto, prende l'elettricità negativa. La seta s'elettrizza negativamente, o positivamente, secondo che noi abbiamo eletto a strofinatore la resina o il vetro. — Per finire esattamente le due elettricità, noi dobbiamo dunque dire: *La +E. è quella che si produce nel vetro per mezzo di uno strofinatore di lana o di seta; la — E. all'incontro è quella che prende la resina, quando noi la strofiniamo con lana, con seta, o anche con una pelle di gatto.* — Chi vuole instituire molti esperimenti che qui si riferiscono, consideri la seguente serie, in cui i corpi sono collocati per modo, che ciascuno strofinato con uno dei corpi che lo precedono, diventa elettrico negativo; e strofinato con uno di quelli che lo seguono, diventa elettrico positivo. Pelle di gatto, diamante, pelle di coniglio, pelle di lepre, tormalina, vetro, lana, carta, seta bianca, seta nera, ceralacca, colofonia, ambra, solfo. Tuttavia quest'ordine non è perfettamente stabile; perchè esso si cambia, vale a dire comanda per dir così ai corpi di allogarsi più su o più giù, tostochè segue un cambiamento nelle loro superficie quanto a pulitura, temperatura, ecc.

fig. 227

5. *Per vedere se un corpo possegga elettricità positiva o negativa, noi dobbiamo solo osservare quale azione spieghi sopra un elettroscopio, dotato di un'elettricità conosciuta.* — Siasi p. e. comunicata ad un pendolo l'elettricità positiva. Se noi troviamo, che esso è respinto dal corpo che si debbe esaminare, esso ha elettricità di egual genere, vale a dire positiva; ma nel caso contrario, vale a dire quando va verso lui, possiede elettricità negativa o di genere diverso.

6. *Le leggi più importanti che si riferiscono alle elettricità opposte, suonano così.*

a) *Le elettricità di egual genere si respingono; quelle di genere diverso si attraggono.*

b) *Tutt'a due le elettricità si elidono reciprocamente, quando sono di forza eguale.*

Ecco qua due sgabelli isolanti; io monto subito sull'uno e con una pelle di gatto perfettamente asciutta percuoto una seconda persona, che si è collocata sopra l'altro sgabello. Qualunque sia la parte del corpo, nella quale noi siamo toccati, le scintille che ne sprizzano, mostrano che tutt'a due siamo elettrizzati, e che in me risiede l'elettricità positiva, ed all'incontro nel vicino che ho percosso risiede la negativa. Ogni pendolo elettrico conferma la verità dell'ultima asserzione.

Invece di lasciar pendere a terra la catena come per l'innanzi dal cuscinetto della macchina elettrica, io la metto in comunicazione col conduttore e mi affatico poi ad eccitare l'elettricità nel disco al solito modo. Ma il conduttore d mostra poca anzi quasi nessuna elettricità. Noi venghiamo a conoscerne la causa quando pensiamo 1. *alla produzione contemporanea che succede ogni volta delle due elettricità* 2. *alla loro reciproca elisione.* Perchè il conduttore, quando lo strofinatore è isolato mandi scintille da principio, ma più tardi non ne mandi più alcuna, per quanto noi giriamo il disco, al presente non abbisogna di spiegazioni.

Si metta di nuovo il cuscinetto in comunicazione con la terra. Poichè io ho comunicato al conduttore una ricca dose di elettricità positiva, io gli avvicino sempre più di mano in mano una punta metallica, e noi vediamo sovr'essa una lucente stella che nell'andare verso il corpo elettrico non cresce di grandezza, ma d'intensità. All'ultimo io fisso la punta metallica al conduttore. Mentre io ora in questi termini avvicino un altro conduttore, noi vediamo in luogo della stella un fiocco o fascetto di raggi divergenti, a presso a poco come quello che vedete qui figurato. Io ripeto i due esperimenti, ma comunico prima al conduttore l'elettricità negativa. Il che fo togliendo i bracciuoli del conduttore, e aggiungendo in pari tempo una catena che va dal cuscinetto al conduttore. E non è forse da meravigliare che ora la stella segua il fiocco, invece di precederlo? Non v' ha più bella prova dell' opposta natura delle due elettricità. Solo nell'uso dell'elettroforo si verrà in chiaro come si comportino le figure di Lichtenberg, le quali dimostrano evidentemente la differenza tra l'elettricità positiva, e la negativa.

fig. 228

Da ultimo tocchiamo di alcuni esperimenti sulla luce elettrica nell'oscurità.

Voi vedete dapprima un tubo di vetro, sopra al quale sono at-

taccate molte foglioline di stagnuolo per modo che formano un'elica ravvolta intorno ad esso (fig. 229). Il turacciolo è di legno ed è rivestito di metallo, e pertanto d'una sostanza conduttiva. Chi ne tiene in mano l'estremità inferiore, e mentre il disco viene girato, ne avvicina tanto l'estremità superiore al conduttore di una macchina elettrica, che le scintille balzino vivaci e in quantità sul turacciolo, vede sul tubo una linea di luce bella, e continua. Il descritto apparato si suol chiamare il *tubo scintillante*.

Volendo veder lampeggiare un nome nella luce elettrica, io pongo sopra una tavola di vetro (fig. 230) per mezzo d'una tacca, una piccola palla di legno rivestito di stagnuolo, da cui escono dei pezzi di stagnuolo romboidali, tali che riuniti formano quella cifra o quale monogramma che si vuole; attacco inoltre dove non dee avere più luogo alcuna illuminazione, un'intiera laminetta di stagnuolo; pongo finalmente una simile laminetta dal punto ove cessa la figura, fino a quel capo della tavola, che sta di contro alla pallina e si tiene con la mano. Tuttavia siccome la scintilla elettrica salta spazi piuttosto grandi sulla tavola stessa per arrivare per la via più corta fino alla mano, è assai opportuno alla riuscita dell'esperimento, il fare una figura a larghi tratti, e adattare una parte della sostanza conduttrice sulla base della tavola di vetro.

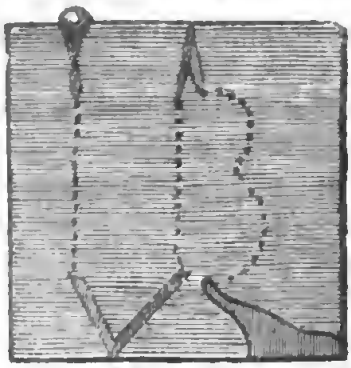


fig. 230

fig. 229

Assai bella appare la luce elettrica ad aria rarefatta. Per mostrarvelo, io ho bisogno di un tal apparato all'incirca, come voi vedete nella fig. 231. Questo consiste di un recipiente di vetro curvato

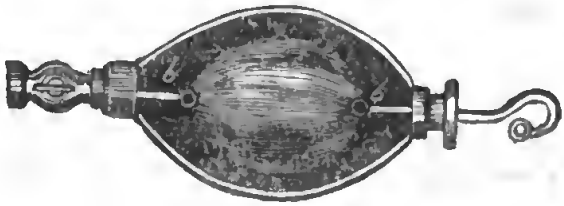


fig. 231

in forma ellittica. Inoltre l'una delle due impugnature metalliche, fissate alle estremità, è munita di una chiavetta, e può avvitarsi senza molta fatica sul piatto di una macchina pneumatica; l'altra all'incontro è disposta in modo che noi possiamo avvicinare quanto vogliamo ad un secondo bottone *b* il bottone *b'* di un filo d'ottone, che passa per un bussoletto di cuoio. Supposto che l'apparato sia votato d'aria al possibile, noi non abbiamo che a mettere in comunicazione il conduttore col filo d'ottone per veder affluire l'elettricità, e tutto il recipiente pieno d'una luce viva, e azzurrognola. Il descritto esperimento può farsi però in modi assai diversi. Se noi avviciniamo p. e. al vaso di vetro un corpo conduttore, la luce sarà attratta da questa parte, e sarà quivi in pari tempo più chiara; se noi inoltre lasciamo entrare un poco d'aria per la chiavetta, tra *b* e *b'* si formano archi di colore purpureo; se finalmente entra sempre più aria nello spazio interno, quella bella luce si trasmuta in una scintilla elettrica ordinaria.

§. 7.

L'elettricità decomposta.

La parte più importante di quell'apparato, di cui io ora mi servirò per produrre nuovi fenomeni elettrici, è una verga di metallo *cc'* (fig. 232) che posa orizzontalmente sopra una colonna di cristallo e porta a ciascuna delle sue estremità uncinate un paio di pendoli. Le piccole palle di midollo di sambuco sono qui attaccate a fili di lino, perchè tra esse e la verga non manchi la comunicazione *c c'*. Non dà ancora il menomo segno di elettricità. Io ora trasporto tutto l'apparato fino al conduttore *r*, ma mi guardo diligentemente di avvicinarglielo tanto che possa comunicargli la sua elettricità. Dipoi io volgo il mio sguardo agli elettroscopi. E così io scorgo che le palline dei due elettroscopi dell'estremità si fuggono, che all'incontro nel terzo elettroscopio che io ho sospeso presso alla colonna di cristallo permangono in quasi perfetta quiete. Io tiro indietro di nuovo il mio apparato. Quello che io intendo con ciò, è chiaro; « e non vi fa meraviglia forse che al presente anche le palline di sughero degli elettroscopi delle estremità non danno alcun segno di elettricità ? » Questi fenomeni sono realmente troppo enimmatici, perchè io non debba procedere nelle esperienze. Onde io porto il mio apparato per la seconda volta

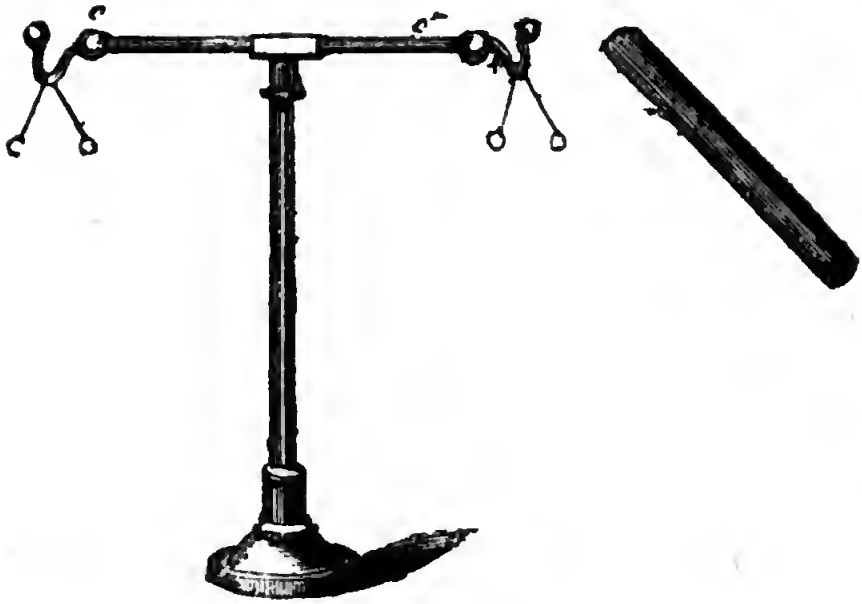


fig. 232

in vicinanza di *r*; cerco, mentre si trova quivi, l'elettricità della verga metallica *cc'* e riconosco che *c*, vale a dire l'estremità volta in senso contrario del conduttore *r*, ha un'elettricità di egual genere con lui, ed all'incontro *c'*, ch'è l'estremità volta verso il conduttore *r*, ha un'elettricità di specie diversa da quella di lui. Quando io ho tirato indietro il mio apparato la prima volta da *r*, l'elettricità della verga metallica s'era dileguata del tutto. Cerchiamo ora a che ella sia, quando io, mentre ella resta in vicinanza del conduttore, prendo in mano *c* o *c'*. Il contatto è seguito. Ed ecco! la verga metallica ritiene, ancorchè si allontani molto dal conduttore, la sua elettricità; anzi un pendolo dotato di un'elettricità nota c'insegna che quest'è elettricità dell'estremità della verga che non è stata presa in pugno. Chi vuole infine chiarirsi se il conduttore perda niente della sua elettricità per l'influsso che esercita sopra *cc'*, vi fissi sopra l'elettrometro a quadrante di Henley e troverà che il medesimo, detratta la perdita, che il contatto con l'aria porta necessariamente seco, conserva effettivamente tutta l'elettricità. Udite ora:

1. *Rispetto a quei fenomeni che noi abbiamo osservato, devono necessariamente due elettricità* (a) *trovarsi originariamente nella verga metallica e* (b) *stare in tale rapporto fra loro che si combinino e neutralizzino perfettamente l'una l'altra, o che l'una distrugga totalmente gli effetti dell'altra e così viceversa.* — L'elettricità positiva del

conduttore *r* attrae l'elettricità negativa della verga metallica *cc'*, e respinge la sua elettricità positiva. Ma così le elettricità di *cc'* che fin qui sono state congiunte, vengono separate; la —E. si accumula notevolmente in *c'*, all'estremità rivolta verso il conduttore *r*, la +E. in *c*, estremità stornata da *r*. Come cessa l'influenza separante del conduttore, le due elettricità si riuniscono perfettamente, e la verga metallica *c c'* ritorna nel suo stato originario anelettrico. Se noi impugniamo la verga metallica in *c*, mentre è ancora esposta all'azione separativa del conduttore, la respinta +E. è al tutto escondotta e rimane in *c c'* solo la —E. attratta da *r*.

2. *Tutto quello che noi abbiamo osservato nella verga metallica c c' si riscontra più o meno chiaramente in ogni altro corpo conduttore, che in simile modo, vale a dire isolato, viene avvicinato ad un corpo elettrico.*

3. *Giusta i soprannotati fenomeni noi supponghiamo uno* STATO NATURALE ELETTRICO *di tutti i conduttori, vale a dire tale che in esso le due elettricità sono veramente presenti, ma non esercitano veruna azione.* — Ordinariamente questa elettricità latente si chiama *combinata*, ±E. Così noi abbiamo anche imparato, che il fregamento, che fin qui ci parve essere un mezzo di produzione delle due elettricità, serve solo a separarle, e a farle osservare separatamente.

4. Un corpo, che, come la verga metallica *cc'* è divenuto elettrico per decomposizione, agisce dal suo lato sopra un altro, che noi gli abbiamo sufficientemente avvicinato, producendo una nuova decomposizione, brevemente, così come dimostra la fig. 233. La sfera *m*, rappresenta il conduttore di una macchina elettrica, *c* la

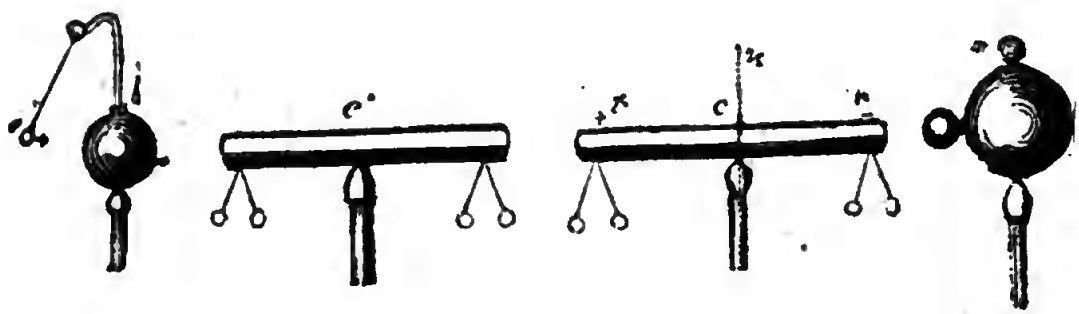


fig. 233

prima, e *c'* la seconda verga metallica isolata, *b* una palla metallica con piede di cristallo, e *b'* una piccola palla di midollo di sambuco. Quale delle due elettricità si accumuli in diversi punti dell'apparato composto, è stato contrassegnato con + e —.

5. *Tutto lo spazio, entro al quale un corpo mostra segni della sua elettricità, si chiama la sua* SFERA D'AZIONE ELETTRICA. *Diversa da ciò è la sua distanza esplosiva. Quest'ultima disegna lo spazio incomparabilmente minore intorno ad un corpo elettrico, entro al quale spazio una scintilla va incontro ad ogni conduttore.*— La bontà di una macchina elettrica è principalmente determinata dalla sua distanza esplosiva. La nostra macchina dà al più scintille di 4 pollici; ma parecchie altre ne danno 6, 8, 12, anzi 24, come la macchina gigantesca del fisico olandese *Van Marum.* — Ai fini ordinarii basta del rimanente una macchina da cui ci vengono le scintille da uno a due pollici.

§. 8.

L'elettricità accumulata.

a) *La bottiglia di Leida.*

Poichè io vi ho dimostrato di nuovo, con qual forza le scintille scattano dal conduttore di una macchina elettrica, consideri ciascuno questo recipiente, simile quanto a grandezza, figura e materia ad un fiasco comune da birra. La figura 234 e la 235 rappresentano altri due recipienti a lui simili. Tutti attraggono i nostri sguardi per la copertura argentea che ne riveste per lo meno la superficie esterna, le più volte anche l'interna (talora invece di foderare l'interna s'empie di limatura) e la verga metallica rotonda, che finisce superiormente in un bottone, discende molto addentro in essa, e sta in comunicazione con l'interna armatura in qualsivoglia guisa. Chi ha imparato a rivestire di stagnuola un conduttore di legno o cartone, potrà rivestire similmente un fiasco da birra senza grande fatica e spesa. Ma anche questa per altro tanto semplice operazione ricerca qualche diligenza ed esattezza. Egli è necessario p. e. di isolare perfettamente l'armatura interna (pertanto si lasci

fig 234

fig. 235

non solo scoperta la parte superiore da 1 pollice a 1 1|2 sulle due superficie di vetro, ma s'impiastri inoltre con una buona vernice di gomma lacca), e si lasci risaltare la verga metallica 2 a 3 pollici almeno sopra il recipiente.

Mentre io muovo la macchina con una mano, prendo con l'altra il recipiente descritto per la sua armatura esterna, ed avvicino tanto al conduttore il bottone metallico, ch'esso ridona all'armatura interna tutta la elettricità ricevuta dal disco. Per vedere ancora a che sia al presente il mio recipiente, io avvicino al bottone della verga metallica uno de' miei diti, ed ecco una scintilla, assai più energica di quella che possa dargli il conduttore, n'esce e mi dà una scossa sommamente sensibile. Se io non avessi già saputo quello che mi avverrebbe, il recipiente, perchè la scossa sorprende troppo, potrebbe facilmente sfuggirmi, e andarsene in pezzi. — Io rinnovo l'esperienza; ma invece di quel vaso mi servo della tavola di cristallo, qui del pari rappresentata (fig. 236), che si chiama comunemente la *Tavola di Franklin* o *Quadro magico*. Perchè altri l'abbia rivestita di stagnuola nelle due faccie, e impiastrato l'orlo di vernice, è chiaro a ciascuno; com'è chiaro che per farne scattare una simile scintilla con viva luce, e con uno scoppio piuttosto forte, devo mettere in comunicazione l'una armatura col conduttore, l'altra col suolo, e poi devo girare diligentemente il disco della mia macchina elettrica. Ho fatto l'uno e l'altro. Temendo che la tavola scaricata nel modo detto, mi possa fare qualche pregiudizio, io prendo lo scaricatore d'Henly (*arco eccitatore*), di cui si comprende facilmente il meccanismo. Oltre un manico isolante *m* ed *m'* (fig. 237) che gli artefici sogliono fare di cristallo, consta solo di 2 fili metallici forti, arcati, *bc* e *b'c*, che terminano in una palla d'ottone *b* e *b'* e sono uniti in *c* da una cerniera. Io accosto ora l'una palla, per es. *b* all'armatura anteriore della tavola, e mentre io avvicino sempre più alla faccia posteriore della

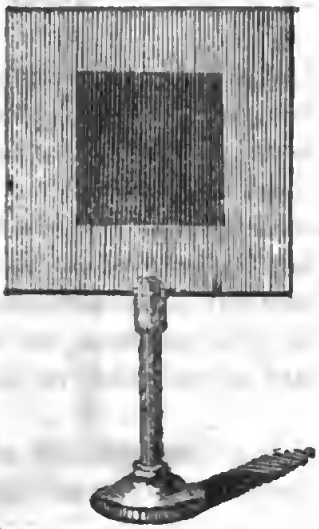


fig. 236

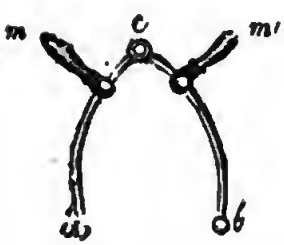


fig. 237

medesima l'altra *b'* ho il piacere di vedere scattare la poderosa scintilla. Prima che io continui i miei esperimenti, notate:

1. *Quell'elettricità, i cui formidabili effetti, noi abbiamo osservato due volte, si chiama l'elettricità accumulata o condensata, e fu scoperta nel 1745 quasi allo stesso tempo dal canonico di* Kleist *a Camin, e dai fisici* Cunaus *e* Muschenbroek *a Leida.* — Volendo elettrizzare della limatura di ferro, mise il primo questi corpuscoletti in un bicchiere di vetro, comunicò loro per mezzo d'un chiodo il mirabile fluido, e ricevè, mentre egli accidentalmente toccò il chiodo con l'altra mano, la spiacevole scossa. Simili saggi ed esperimenti fecero alcune settimane dopo Cunäus e Muschenbroek. Che la scintilla, che passò nella mano del fisico ultimamente menzionato debba essere stata estremamente gagliarda, lo mostra quello ch'ei disse: « Io non mi esporrei di nuovo ad essa, se anche mi fosse offerto il regno di Francia ».

I nomi di *Bottiglia di Leida e di Kleist*, che il nuovo recipiente ha prima portato, indicano bene i suoi inventori, ma per innanzi sono stati quasi del tutto (in Germania) cacciati di nido dai nomi: *Bottiglia e apparato di accumulazione* o *condensazione.*

2. *Per ragioni che qui non possono ancora essere esposte, noi non dovremo mai caricare a dismisura d'elettricità la bottiglia o la tavola.* — Chi vuol sapere se questi instrumenti sono abbastanza carichi o no, osservi come siano le scintille che scattano da essi. Le scintille languide sono sempre un sicuro segno, che vogliono essere scaricati.

Quando io saturai il mio recipiente per la prima volta di elettricità, io misi in comunicazione la sua armatura esterna metallica con la terra; ma al presente io lo pongo, per isolare quella parte, sopra un piatto di cristallo, e mi studio di caricarlo d'elettricità al tutto come prima. Solo il successo non corrisponde alle mie aspettative. Sebbene io abbia girato il disco con diligenza, tuttavia la scintilla rimane sempre assai languida, e m'insegna che quando io isolo la sua armatura esteriore, il mio recipiente non riceve quasi nessuna carica. La bottiglia sta ancora sempre sul piatto di cristallo. Deliberando di tentare una terza specie di carica, ma in un modo affatto speciale, io conduco una catena dal cuscinetto fino all'armatura esterna, e libero quello da ogni altra comunicazione coi conduttori dell'elettricità. La mia nuova operazione è coronata da un pieno successo; perchè il mio scaricatore mi sorprende con una scintilla, che per lo meno è così forte, come la prima da noi veduta. Poichè io ho caricata la bottiglia per la quarta volta, la colloco sul piatto di cristallo, e tocco alternativamente ora il suo bottone, ora

la sua armatura esterna di stagnuolo. Solo deboli scintille attestano sotto tali circostanze la sua elettrica attività, e ci convincono che lo scaricamento può seguire anche a poco a poco. Chi vuol anche dare una più bella prova dell'ultima asserzione, carichi la tavola frankliniana, e fissi sopra ciascuna faccia di lei un pendolo elettrico a presso a poco così come mostra qui la fig. 238 (la tavola è disegnata di profilo). Mentre l'un pendolo pende all'ingiù, e tocca l'armatura, l'altro è respinto, perchè trova un eccesso di elettricità al capo opposto della tavola. Se noi picchiamo questa faccia, il primo pendolo va ad alto, ma il secondo torna nella posizione verticale; brevemente, a voler vedere il pendolo salire e scendere a vicenda, non occorre altro che toccare la tavola ora all'una faccia, ora all'altra. Quando finalmente io voglio caricare la bottiglia per la quinta volta, stabilisco prima quale specie di elettricità le voglio dare. Sia la +E., allora io metto il cuscinetto in comunicazione con la terra, passo poi alla stessa carica, e pongo infine la bottiglia sopra un sostegno che la isola. Invece di lasciare effluire nella mia mano le deboli scintille, che ciascuna armatura dà per se sola, come feci per innanzi, io le eccito una dietro all'altra in questo piccolo disco metallico, lontano da tutti i conduttori, ed esamino la sua elettricità. — E quale è il risultato? Tutte le scintille che vengono dal bottone della verga metallica, sono elettro-positive; l'altre all'incontro che partono dall'armatura esterna, sono elettro-negative. — Che dicono i fisici di tutti questi fenomeni? — Brevemente quanto segue:

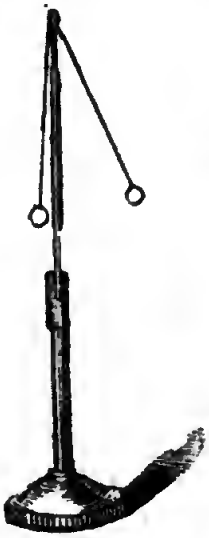


fig. 238

Se altri comunica all'armatura interna una qualunque specie di elettricità, p. e. la positiva, si forma all'istante nella massa del vetro una sfera d'azione, che raggiunge quasi con la medesima rapidità le elettricità latenti (il loro segno è ∓ E.) dell'armatura esterna, ed esercita sovr'essa la sua influenza decomponente. Ora se l'armatura esterna non è isolata, emette la sua +E. nel suolo e la — E. si diffonde sopra tutta la superficie. Ma l'ultima elettricità tendendo a combinarsi con la +E. dell'armatura interna opera sopra di lei, o anche viceversa. — Solo per ciò la bottiglia prende di nuovo elettricità dal conduttore. Perchè tuttavia la carica venga stabilita solo fino ad un certo grado, nasce dalla distanza esplosiva.

Questa si estende manifestamente con ogni scintilla che riceve la bottiglia, e raggiunge, quando la carica è troppo continuata, l'armatura esterna. Una terribile scarica spontanea, ordinariamente accompagnata con lo spezzarsi della bottiglia, è la pena di una tale imprudenza. — Non meno facilmente si spiega che la bottiglia, mentre stava sul piatto di cristallo, riceveva dapprima pochissima elettricità, e poi moltissima, quando cioè la sua armatura esterna era stata messa in comunicazione col confricatore. Se l'armatura esterna è isolata, nè la sua — E. può effluire, nè la sua — E. può attrarre e neutralizzare la +E. dell'armatura interna. Ma come in un apparato di rarefazione è vano l'aspirare, quando l'aria interna non può più sollevare l'animella, così in una macchina elettrica, quando la bottiglia di condensazione non neutralizza più le elettricità opposte, è inutile ogni altro girare del disco. Se tra la bottiglia ed il confricatore ha luogo una comunicazione, ecco affluire ai cuscini tutta la +E. guadagnata dall'armatura della bottiglia. Appena bisogna spiegare più oltre gli altri fenomeni appartenenti a tale subietto. Se p. e. dopo avere caricato la bottiglia nel modo solito, altri la pone sopra un piatto di cristallo, ed avvicina poi un dito al bottone, riceve soltanto l'eccesso, vale a dire l'elettricità libera dell'armatura interna. Ma in questo modo s'indebolisce l'azione neutralizzante dell'armatura esterna, cosicchè a noi anche da questa parte viene una scintilla, quando le ci appressiamo abbastanza. Come quella prima scintilla influisce sull'azione della armatura esterna, così influisce questa sull'azione dell'interna, e pertanto il bottone mostra di nuovo elettricità. — *Questo vicendevole indebolimento continua nel vero lentamente, ma senza interruzione, e cessa solo quando la bottiglia ha perduto totalmente la sua elettricità.*

b) *La batteria elettrica.*

Quanto è più grande la superficie armata di una bottiglia di Leida, tanto più è efficace la scintilla che n'esce. Che la forza debba essere anche più terribile, quando 2, 3 e più bottiglie uniscono le loro scintille, per così dire, in una scintilla, non abbisogna di prove. — Ma come noi rechiamo ad atto una tale unione?

Ecco qui una cassa con 9 bottiglie di Leida; inoltre il suo sostegno è rivestito di stagnuolo, e al filo metallico del recipiente è attorta una catena. Come quel coperchio della cassetta mette in comunicazione l'armatura esterna, così questa catena l'interna. Questo è manifestamente lo stesso, come se io avessi una sola bottiglia, la cui armatura agguagliasse in grandezza l'armatura di tutte

le bottiglie. Come la comunicazione possa essere effettuata anche diversamente, lo mostra la qui aggiunta fig. 239. — *Noi chiamiamo batteria elettrica ogni simile riunione di bottiglie di Leida.* Se altri

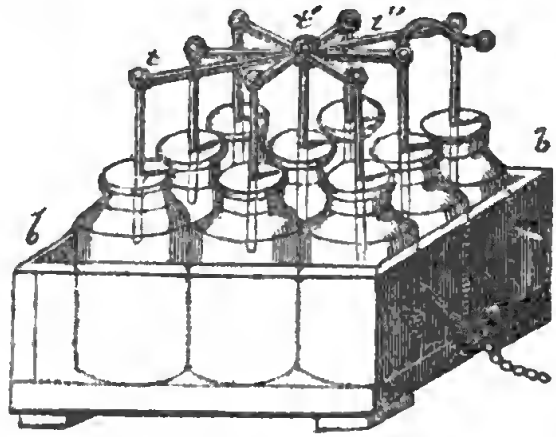


fig. 239

vuole caricare la batteria, si pone in comunicazione l'estremità libera della catena, che avvinghia le verghe metalliche delle bottiglie col conduttore, ed un'altra catena che si parte dall'armatura metallica della cassetta si mette in comunicazione con la terra. Si carichi nel modo indicato. Per potere almeno giudicar in qualche modo a che punto sia giunta, altri si regoli nel seguente modo: 1. Si numerino ad ogni esperimento le rotazioni del disco, per avere lume pel seguente; 2. Si ponga sul conduttore l'elettrometro a quadrante, e si osservi bene quale grado di saturazione indichi successivamente (cresce nella carica di una batteria assai più lentamente che quando si elettrizza solo il conduttore; ma tuttavia dal suo stato nel primo esperimento può formarsi una regola pel secondo, terzo, ecc.); 3. Si ponga sul filo che mette in comunicazione le armature interne una piccola verga metallica, che a ciascun capo porti una palla di 1/4 di pollice di diametro e sporga due pollici dai due lati della batteria, e si esamini di tempo in tempo in quale distanza da una di queste piccole palle si faccia incontro la scintilla smorta ad un qualunque conduttore (tale la distanza, tale la carica); finalmente 4. si ascolti attentamente se tra le bottiglie si sente uno scricchiolio, e non si tardi se è così neppure un istante a scaricare la batteria (imperocchè quello scricchiolio, è un sicuro segno di una soverchia carica, o anche di una bottiglia danneggiata).

§. 9.

Di alcuni esperimenti da farsi agevolmente per mezzo della bottiglia di Leida o della batteria elettrica.

Esperienza prima. — Qualunque sia il numero degli uomini che si trovino in questa stanza, tuttavia posson tutti ricevere al medesimo istante la scossa elettrica. A ciò non occorre altro che metterli in cerchio, far che si tengano per mano, e che l'un capofila tocchi l'armatura esterna, l'altro il bottone metallico. L'esperienza riesce anche quando l'una metà delle persone sta sopra l'una riva di un fiume e l'altra nell'altra riva. Chi se ne vuole convincere conficchi; 1. un palo in terra sopra ciascuna riva: tenda 2. tra i due pali un lungo filo di ferro, che tuttavia non tocchi l'acqua; 3. faccia poi che tutte le persone che si trovano sopra l'una delle rive del fiume, si mettano in fila, si prendan per mano ed alla prima metta in mano il filo di ferro, all'ultima una lama di spada, ch'essa dee immergere nell'acqua; faccia 4. il medesimo con le persone sull'altra riva. — Se qui ha messo in comunicazione l'armatura esterna d'una bottiglia fortemente caricata col filo di ferro: se anche l'ultima persona di questa fila tiene una lama di spada nel fiume, e la prima tocca nel modo noto il bottone metallico, tutte le persone che si trovano sulle due rive sentono allo stesso tempo la scossa elettrica. Se si varia la prima esperienza per modo che meno i due ultimi della catena tutti gli altri si toccano coi piedi, questi sentono la scossa solo nei piedi, ma quelli in un braccio e in un piede contemporaneamente; brevemente dove l'elettricità entra ed esce. Se s'interrompe la catena di comunicazione in alcun punto, ma per modo che non ne risulti nessun intervallo di rilievo, tutti sentono di nuovo la scossa, e l'elettricità, il che è sovrattutto notevole, trapassa l'intervallo in forma di scintilla. Tutt'altro è il successo quando le persone di mezzo si toccano per mezzo dei loro piedi, e quando esse, una almeno, sono messe in comunicazione mediante una lunga lamina di metallo. In tal caso l'elettricità non suole toccare alcuna delle persone che sono al di là della lamina metallica e segue più volontieri l'altra via, che l'è premostrata da quella.

Esperienza seconda. — In questo torrione che è stato qui figurato e contrassegnato con *a a* (fig. 240) si osservi principalmente; 1. che è di legno; 2. che il tetto acuminato può esser tolto; 3. che un

filo metallico *cd*, che finisce inferiormente e superiormente con un bottone metallico, sporge sul tetto e scende addentro nel torrione; 4. la bacinella *ee*, che si trova alcune linee sotto *d*, ed è piena di etere o d'acquavite, finalmente 5 il condotto in F. Se io metto ora in comunicazione l'armatura esterna di una bottiglia carica con F, e il suo bottone colla pallina *c* del filo metallico della torricella e l'ultima per mezzo dello scaricatore di Henley, la scintilla scende e percuote in *cd*, e accende il liquido, facilmente infiamma-

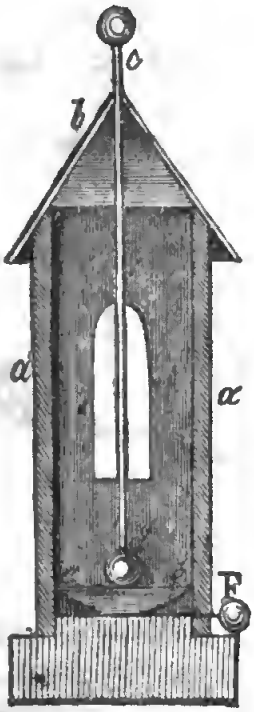


fig. 240

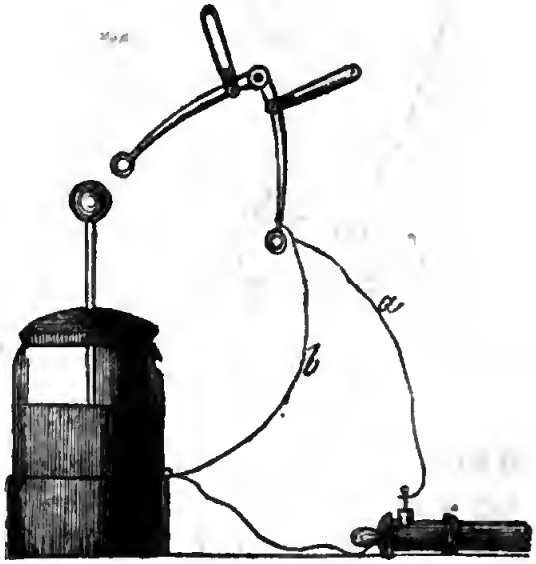


fig. 241

bile. Anche questa bella esperienza si può variare in molti modi. Può p. e. una tale torricella esser munita d'una pistola di latta, il cui stoppaccio può far saltare in aria il suo lieve coperchio. Lasciando stare il giuoco della torricella, si accostino in modo la pistola elettrica, e la bottiglia di Leida, come dimostra abbastanza la qui aggiunta figura (fig. 241); si fissino anche allo scaricatore che ha la forma di forbice 2 fili metallici *a* e *b*, di cui l'uno *a* va al pomo della pistola, e l'altro *b*, immediatamente all'armatura esterna della bottiglia, si metta poi con un terzo filo anche la pistola in comunicazione con l'armatura esterna. Se il gas fulminante si dee accendere nella pistola, il filo metallico *b* dev'essere sottile,

corto anzichè no, ben teso, e la portata della pistola piuttosto ragguardevole. Queste esperienze sono sempre di momento per la dottrina dei parafulmini.

Esperienza terza. — Se si mettono in comunicazione le palle *d* e *f* (fig. 242) per mezzo d'un filo di ferro e si fa passare per esse la scintilla di una batteria, la cui armatura ascenda da 20 a 30 piedi

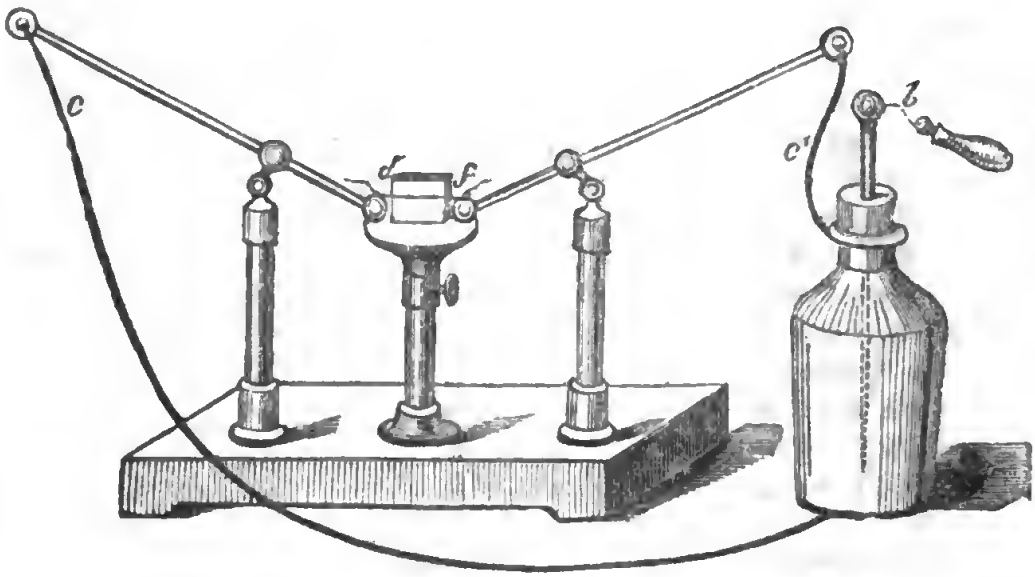


fig. 242

quadrati, il filo si scalda sommamente, essendochè per la sua sottigliezza non possa con bastevole rapidità trasportare la gran quantità di elettricità; anzi si fonde e scaglia le sue ardenti gocciole per tutti i versi. Se poi tra le palle *d* e *f* si fosse posta una stretta lamina di foglia di stagno, lunga 3 in 4 pollici, ella si sarebbe volatilizzata, la sottil nebbia ossidata e formato fila lunghe e simili a quelle dei ragnateli. Un fenomeno tutto particolare presentano i fili di seta avvolti d'oro. Posti parimente tra le palle *d* e *f*, e toccati lungo l'uno dei lati con un pezzo di carta bianca, mostrano nel modo più mirabile con quale rapidità la scossa elettrica si propaghi a traverso le molecole della materia conduttrice; l'oro viene cioè volatilizzato ed ossidato; la carta ritiene dal passaggio una striscia di color bruno; tuttavia la seta rimane intatta dopo come prima, come se nulla le fosse avvenuto. I migliori conduttori si scaldano in tutte queste esperienze assai più che i cattivi.

Esperienza quarta. — Si passino a traverso due tappi di sughero che s'adattano esattamente in un tubo di vetro (fig. 243) dei fil

fig. 243

di ottone, le cui due estremità siano piegate ad anello, s'empia il tubo di vetro perfettamente d'acqua e si chiuda per mezzo di quei tappi. La distanza degli anelli interni non ammonti più che 2 a 3 linee. Or quando si pone l' apparato descritto in comunicazione con l'armatura esterna e lo scaricatore semplice, la possente scintilla spezza il tubo di vetro, cotalchè, perchè talora ne scheggian dei frammenti, bisogna osservare le più strette cautele. Come si possono far spezzare anche i recipienti aperti, lo mostra la fig. 244. I due fili metallici arcati restano attaccati al vaso mercè della loro elasticità, e le loro palle nell'interno di quello non sono che 2 a 3 linee distanti l'una dall'altra. Naturalmente anche un tal calice s'empie d'acqua. Ma al riuscimento dell'esperienza richiedonsi una carica piuttosto forte, e un'armatura di 3 in 4 piedi quadrati. Se il trapasso avviene a un tratto, e non successivamente, come mostra la figura, il bicchiere si tronca là dove comincia il suo manico.

fig. 244

Esperienza quinta. — In un cepperello di legno duro si faccia un buco, ch'abbia un pollice di profondità e da 1/2 a 1 pollice di larghezza (fig. 245); si sparga della polvere rada; si chiuda, non

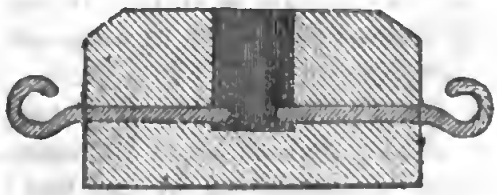


fig. 245

però tanto forte, con un tappo di sughero; dipoi si ficchino a traverso due più piccoli fori laterali 2 fili d'ottone, che incastrino bene, non più grossi di una linea, e lontani al più 2 linee l'uno

dall'altro; finalmente si annodi all'un filo metallico (nell'altro non è necessario) uno spago bene bagnato, lungo 3 a 5 pollici, ed a questo si congiunga il noto scaricatore. Nell'istante che la scintilla accende la polvere da schioppo, il tappo di sughero è naturalmente scagliato via. Se altri vuol accendere nello stesso modo il cotone fulminante, non si ha a far altro se non che esso stia tra i fili metallici. L'ultima esperienza si può fare anche con le macchine più deboli.

Esperienza sesta. — Volendo uccidere uccelli, topi, ecc. e simili animaletti, mediante la scossa elettrica, si metta in comunicazione l'estremità della colonna vertebrale con l'armatura esterna, si tenga l'una palla dello scaricatore sul capo dell'animale, e si avvicini l'altra con la maggior celerità possibile all'armatura interna perchè la scintilla passi attraverso il cervello e la midolla spinale. Gli animali come lepri, gatti, ecc., ricercano già apparati piuttosto forti. L'influenza elettrica è assai piccola sui bruchi, il che è tra le sue proprietà notevoli; reggono i guloni alla scossa dell'elettricità atmosferica, e continuano vispi a repere in su e giù per gli alberi percossi dal fulmine. Del resto noi non abbiamo finora potuto scoprire nessuna lesione organica in tutti gli animali morti per una scossa elettrica.

§. 10.

L'elettroforo.

L'elettroforo è di gran lunga più semplice che la macchina elettrica; ma ha minore utilità ed importanza. Chi vuol prepararsene uno, si procacci prima una mescolanza composta di 5 parti di lacca piatta, 1 parte di cera, ed 1 parte d'olio di trementina; provveda poi un disco di latta di un piede circa di diametro, tondo, e munito intorno d'un orlo ricurvo, alto 3 in 4 linee; getti poi quella materia resinosa in un crogiuolo, la renda liquida, la versi nel disco e passi sopra questo, mentre torna allo stato solido, un ferro da stirare rovente, ora da questo, ora da quel lato (solo per questo modo il getto ha una superficie piana, quasi liscia come uno specchio, e non guasta da nessuna bolla o spaccatura); si ponga finalmente sopra questa massa un disco ben levigato di grosso stagno, il cui diametro sia più piccolo di 2 a 4 pollici, e si munisca poi, perchè si possa levare in modo da restare isolato, di un manico di

vetro, o di 3 cordoni di seta ben lisci perfettamente asciutti. La massa resinosa, si chiama *schiacciata* o *mastice*, ma unita alla forma *sostegno* o *piatto*, e il disco ultimamente descritto, è detto *coperchio* o *scudo dell'elettroforo*. Un'ottima materia per l'elettroforo è la gutta percha; ella non si spacca mai, e pertanto non rende mai necessaria una rifusione; anzi per pochi grossi se ne può aver tanta, quanta ne occorre ad un'elettroforo comune. *Alessandro Volta*, già professore di fisica a Pavia, e uno de' maggiori intenditori dell'elettricità, inventò l'anno 1775 il descritto instrumento.

Per eccitarvi l'elettricità, si batte con pelle di gatto (altri può servirsi anche d'una coda di volpe) di cui si prendono in mano i 4 pizzi, e che ad ogni colpo si passa sopra la stiacciata; di verno, non si dimentichi di scaldare l'elettroforo, avanti di servirsene, per non gettare via la fatica.

Esperienza prima. — La stiacciata di resina è elettrizzata. Dipoi io le pongo sopra il coperchio isolante, e lo tocco con un dito mentre si trova colà. Ed ecco: io ottengo una scintilla, che, per quanto sia smorta, potè tuttavia generare una sensazione pungente. Io rinnovo il mio esperimento; ma comunico la scintilla ad un elettrometro, ed esamino la sua elettricità. Questa è di specie eguale all'elettricità della stiacciata, pertanto — E.

Esperienza seconda. — Poichè ho eccitato di nuovo l'elettricità (*), io metto il coperchio al suo posto di prima, lo lascio poi riposare alcuni secondi, e lo sollevo di nuovo, ma senza averne estratto quella scintilla. — Qual è al presente il suo stato elettrico? Per quanto sia buono il conduttore che ora gli si avvicina, tuttavia noi non riscontriamo ordinariamente in esso alcuna elettricità. Io dico a bella posta *ordinariamente*, perchè se quello ha scabrosità o la stiacciata di resina è stata battuta troppo forte, rivela anche al presente elettricità, sebbene solo in piccolissimo grado.

Esperienza terza. — La stiacciata è di nuovo elettrizzata, e il coperchio rimesso. — Le mie altre operazioni consistono: 1. a far passare quella debole scintilla in un dito (ripensate alla mia prima esperienza); 2. a sollevar in alto il coperchio isolante, e 3. ad accostarvi un conduttore come nella mia seconda esperienza. Solo allora io posso vederne sprizzare una scintilla piuttosto forte. Questa scintilla contiene un'elettricità diversa dall'elettricità della schiacciata e per conseguenza un'elettricità positiva + E.

(*) Io so bene che non occorre subito un nuovo eccitamento d'elettricità; ma non avendo fatto ancor menzione del principal fenomeno dell'elettroforo, io non poteva esprimermi altrimenti.

Esperienza quarta. — Finora io ho sempre toccato solo il coperchio; ma al presente appoggio un dito sulla forma, mentre un secondo posa sul coperchio dell'elettroforo. — E quale n'è l'effetto? Ecco: io ricevo una debole scossa, che mi muove un poco, ma che passa subito.

Esperienza quinta. — Finalmente io coperchio la stiacciata bene elettrizzata, con la maggior esattezza possibile. Presupposto che non la perturbi nulla di eterogeneo, specialmente nessuna umidità, noi possiamo ancora trovarla elettrica dopo otto giorni, anzi quando l'elettroforo è veramente perfetto, anche dopo un mese. A questo fenomeno, indubitatamente il più importante, il nuovo instrumento deve il nome di *elettroforo* o *portatore di elettricità*. Ma come si spiegano tutti questi fenomeni?

Figuratevi la stiacciata resinosa elettrizzata. Quando pongo il coperchio sopra lei, è manifesto ch'ella influisce sopra le due elettricità state finora congiunte, separandole: la +E è attratta; la —E è respinta. Anzi dal coperchio, quando posa sulla stiacciata resinosa, deve a qualsivoglia conduttore sprizzar contro una debole scintilla, che può solamente constare di —E. Quella influenza cessa naturalmente quando io alzo il coperchio, vale a dire, lo tolgo dalla sfera d'azione della stiacciata resinosa elettrizzata. A chi potrebbero essere ancora ignote le cagioni del secondo e del terzo fenomeno? Poiché al coperchio, mentre posa ancora sulla stiacciata resinosa, è stata rapita la piccola scintilla, ei deve, quand'è cessata quell'azione, essere positivamente elettrico; se gli resta per contrario la sua elettricità negativa, questa torna allo stesso tempo alla sua posizione anteriore, e gli dà in certo modo di nuovo l'elettricità latente o naturale ±E. Chi vuol sapere come il quarto fenomeno sia stato prodotto osservi la figura 246: essa mostra come le due elettricità sono distribuite:

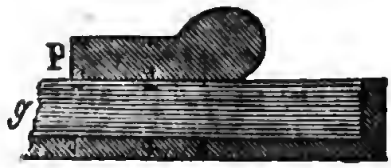


fig. 246

Piano superiore del coperchio	—E
Piano inferiore che posa sulla stiacciata resinosa .	+E
Piano superiore della stiacciata resinosa	—E
Piano inferiore della medesima	+E
Piano esteriore non [illegible]	[illegible]

Se io isolo la base ed elettrizzo poi la stiacciata di resina, ella diventa negativamente elettrica, e pertanto concorda con l'elettricità del piano superiore del coperchio. Sopra l'ultimo fenomeno dell'elettroforo, dal qual fenomeno esso ha il nome, non è da dire altro se non che ci fa conoscere una nuova legge sopra la trasmissione dell'elettricità. Suona così:

Tra due larghe superficie, l'una delle quali è deferente, l'altra non deferente, non succede nessuna trasmissione notevole.

Per dimostrarvi come l'elettroforo in certi casi possa far le veci di una macchina elettrica, ed elettrizzato sia in certo modo una sorgente inesauribile d'elettricità, io gli pongo accanto due bottiglie di Leida, e per mezzo dell'una, la cui armatura esterna è in comunicazione con la forma, traggo le scintille dal coperchio, mentre questo posa sulla stiacciata resinosa, e all'incontro ne traggo per mezzo dell'altra, quando io l'ho allontanata dall'atmosfera elettrica di quel corpo. È manifesto che per cotal modo la prima bottiglia è dotata d'elettricità negativa, la seconda di positiva. Quanto sian insignificanti queste cariche, anche mediante un buono elettroforo, che dà forse scintille lunghe un pollice, noi possiamo abbastanza vederlo, ora che io scarico le due bottiglie nel modo usato.

Infinitamente più bello è un altro esperimento che ci dimostra una diferenza principale tra l'elettricità positiva e la negativa. Anche in questo esperimento io carico una bottiglia d'elettricità positiva, l'altra d'elettricità negativa. Poichè ci siamo convinti che questi due elettrofori non mostrano alcun'azione elettrica, io passo il bottone della prima bottiglia sopra l'una delle stiacciate di resina nelle direzioni che mi sono più a grado. Io fo il medesimo con la seconda bottiglia e l'altro elettroforo. All'ultimo io prendo una polvere leggiera, che sia di una materia non deferente, e qui p. e. della colofonia (*) in fina polvere, e la stendo sopra le due stiacciate di resina.

I corpuscoletti formano sulla prima stiacciata resinosa molti raggi, non del tutto retti, che vanno dal centro a tutti i versi e si ramificano di nuovo (fig. 247); gli altri all'incontro di cui è stata seminata la seconda stiacciata resinosa, si sono raccolti più o meno distintamente in circoli concentrici, anelli senza raggi o zone (fig. 248). Le due figure durano a lungo; si mostrano di nuovo quando si fregan via i primi corpuscoli, e se ne depongon

(*) È anche meglio se s'impiastra di seme di licopodio quella stiacciata di resina che ha ricevuto la +E, e di minio o solfo sottilmente trito l'altra dotata di —E. Quella materia prende volentieri la —E e questa la +E.

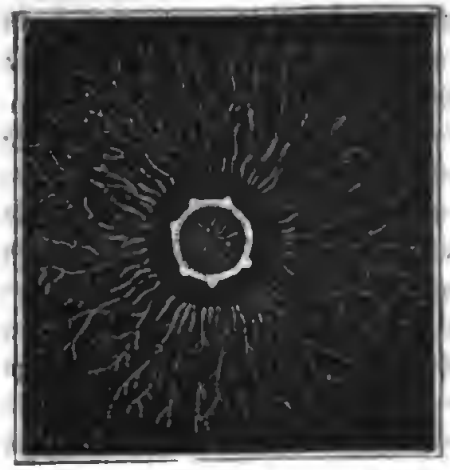


fig. 247

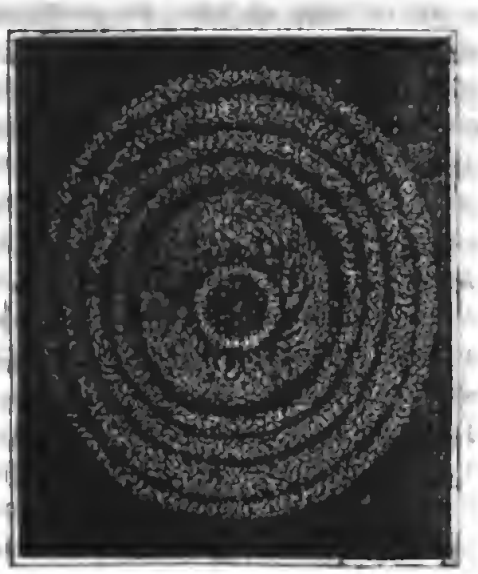


fig. 248

de' nuovi. Solo sopra una vecchia stiacciata di resina, e che pertanto ha lungamente servito, non riescono troppo bene. Questa esperienza sommamente interessante la dobbiamo al dotto tedesco *Lichtenberg*; anzi le figure che s'ottengono per questa via sono chiamate *figure di Lichtenberg*.

Da ultimo si notino due altri punti: 1. *il coperchio si ponga e si levi sempre in modo che rimanga parallelo alla stiacciata resinosa* (se sta in una posizione inclinata l'elettricità passa per l'una parte e va via); e 2. *per ovviare in qualche modo allo spezzarsi della stiacciata, il che avviene frequentemente in un rapido cambiamento di temperatura, perchè i metalli e le materie resinose si dilatano inegualmente, non si costringa in nessuna forma, ma si ponga liberamente sopra una piastra metallica.*

§. 11.

Il condensatore.

Come l'elettroforo conserva lungamente l'elettricità, così un altro instrumento, che assai lo somiglia, la raccoglie di nuovo, e ci svela anche i gradi più sottili in cui essa si trova ora in questo, ora in quel corpo. Con ragione noi lo chiamiamo *condensatore* o *adu-*

natore d' elettricità. Anche chi non intende a far nuove scoperte nel dominio della fisica non può lasciarlo inosservato, specialmente per rispetto all'elettricità galvanica o di contatto.

Le parti principali del condensatore sono il *coperchio* e il *sostegno*. Il primo, detto ancora il *collettore*, è formato in generale come il coperchio d'un elettroforo, senzachè è sempre fatto di metallo, perchè ordinariamente ha solo 2 a 4 pollici di diametro; da ultimo è levigato al possibile, e coperto inferiormente con uno strato sottilissimo di vernice, e superiormente munito d'un manico isolante. L'ultima, che il più porta il nome di *base*, presenta una simil piastra di metallo, od anche una tavola di marmo asciuttissima, ben scaldata prima di servirsene. La qui aggiunta fig. 249 mostra le due parti principali; in pari tempo dimostra, come la base si avvita sull'elettrometro a foglie d'oro, o come in generale il condensatore può unirsi con questo instrumento. La somiglianza tra il condensatore e la bottiglia di Leida, o tra esso e il piano magico francliniano non si può disconoscere. Il coperchio ed il sostegno rappresentano l'armatura interna e l'esterna; lo strato assai sottile di resina corrisponde inoltre, perchè non deferisce l'elettricità, al vetro isolante. La differenza tra l'elettroforo ed il condensatore consiste principalmente nel loro uso: nell' elettroforo noi eccitiamo l'elettricità nella stiacciata; nel condensatore all' incontro noi sogliamo mettere in contatto la base con una debole sorgente d' elettricità, mentre il coperchio posa ancora sovr' esso, ed è messo in comunicazione col mezzo d' un dito. Per questo modo si opera nel coperchio una piccola decomposizione, e nella base un dissimulamento delle opposte elettricità. Finchè noi lasciamo stare il coperchio nella sua posizione primitiva, la base non

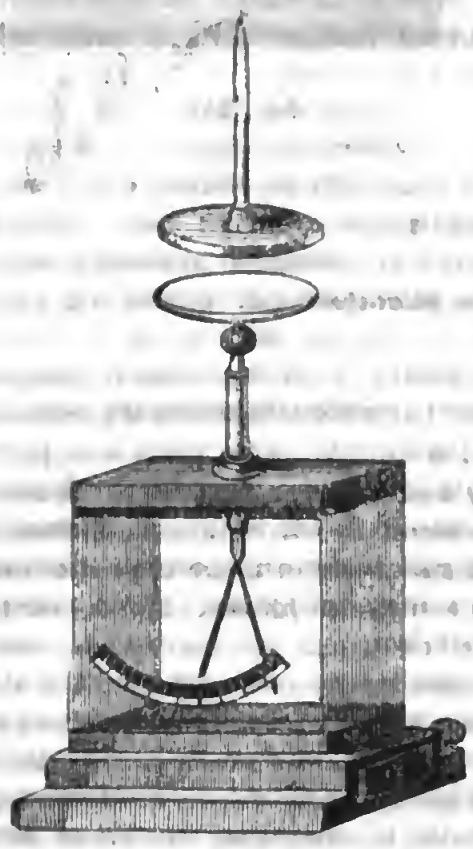


fig. 249

dà nessun segno d'elettricità; ma se noi lo solleviamo, e verticalmente al possibile, affinchè il contatto delle due lastre cessi contemporaneamente in tutti i punti, l'elettricità stata finora latente ed ammassatasi in pari tempo, scende nelle foglioline di oro, e si manifesta perciò che si fuggono o respingono l'una l'altra. Senza il condensatore forse resterebbero nascosti per sempre quei piccoli gradi d'elettricità che mostrano tanti minerali alla pressione (ad essi appartengono il topazio, lo spato fluore, un pezzo di spato calcare a faccie piane e parallele ecc.), al riscaldamento (come esempio serve particolarmente la tormalina, che ad un capo si elettrizza positivamente, all'altro negativamente), o anche pel *reciproco contatto*, di che più avanti si dirà quanto occorre, ecc.

Un buon condensatore ritiene una debole carica al tempo asciutto almeno per 12 ore.

Il condensatore è stato trovato dall'italiano Volta, e perfezionato dal tedesco Lichtenberg.

§. 12.

L'elettricità atmosferica.

La procella ed altri fenomeni naturali connessi con lei.

La scoperta della bottiglia di Leida e della batteria condusse ad esperienze di sommo momento sopra l'elettricità atmosferica. — Quando Franklin ebbe sperimentato abbastanza la forza delle punte metalliche per scaricare i corpi elettrici di lontano, stimò possibile di rendere percettibili le azioni dell'elettricità atmosferica, ed appoggiandosi sopra le sue fondate osservazioni, sostenne fin dall'anno 1747, *che il fulmine è una possente scintilla elettrica, e quando cade, al tutto come quella trapassa per buoni conduttori, senza lasciare dietro di sè effetti dannosi, ma nel trapasso da un conduttore all' altro produce effetti rovinosi.* Tutte le asserzioni del grand' uomo si avverarono sempre più nel processo del tempo. In mancanza di edificii assai alti egli ebbe la felice idea di condurre l' elettricità sulla terra lungo la cordella di un cervo volante, ed ebbe in breve il piacere di cavarne alcune scintille, poichè una fine pioggia ne aveva fatto un miglior conduttore. Il francese *De Romas* ripetè per innanzi con maggior perfezione gli esperimenti di lui. Costui legò

il suo cervo volante ad una cordella, ch' era intrecciata con un filo metallico, ma per salvarsi dagli effetti del fulmine, la congiunse ad un' altra, lunga 8 in 10 piedi, fatta di seta schietta, asciutta; si servì anche di un conduttore metallico, ch'era in comunicazione con la terra, e poteva esser tenuto per un manico isolante. Il suo cervo volante salì in alto 550 piedi, e penetrò certamente in parecchie nuvole procellose. Le scintille che ottenne De Romas, avevano una lunghezza di 9 in 10 piedi, una grossezza di un pollice, e facevano un romore, che somigliava allo scoppio d' una pistola. Dopo tanti splendidi esperimenti, poteva egli ancora dubitare che il fulmine non fosse un effetto dell'elettricità atmosferica?

Ad ogni temporale va innanzi la formazione di certe nuvole, e le più volte nel luogo dove debbe scoppiare. Esse sono da principio assai piccole, ma pian piano e talora tutto ad un tratto si fanno assai grosse. Quello che ce le fa conoscere è in parte la loro figura; che di bislunga diventa prestamente rotonda; in parte la loro luce che ordinariamente forma forti contrasti col colore d'altre nuvole. In generale appartengono ai luoghi più bassi dell'atmosfera. La figura che il fulmine ha in apparenza dipende soltanto dal suo veloce cammino: restando quieto in un luogo, ci apparirebbe nella forma di una palla di fuoco. Il suo andare a zigzag si spiega ottimamente per la possente compressione di quell'aria che esso si caccia innanzi, e che lo costringe, perchè la resistenza è troppo gagliarda, a deviare dal preso cammino.

Con lo scoppio del fulmine va congiunta la produzione del tuono, che, sebbene in sè non dannoso, costituisce appunto quello, che ci cagiona il maggiore spavento in un temporale. Il tuono lo annunzia dalla lunga. La cagione, perchè esso ferisce il nostro udito più tardi di quel che il lampo faccia la nostra vista, sta nel tempo che un suono impiega per arrivare da un luogo all'altro. Molti lo definiscono un'eco atmosferica; ma alcuni suppongono che nasca quando l'aria nel passaggio del fulmine si dilati e restringa. Quando si parlò della velocità del suono noi vedemmo: che tenendo conto del tempo che passa tra il lampo e il tuono, possiamo calcolare con sufficiente esattezza, quanto il temporale sia ancora lontano da noi.

Con l'aiuto delle aste di ferro acuminate, lunghe 24 a 30 piedi, ben isolate, erette sopra un edificio qualunque, e messe in comunicazione con un elettrometro, mediante un filo metallico, i fisici hanno trovato, che l'aria nel tempo sereno è sempre positivamente elettrica, e che nei temporali, nelle pioggie o nevischi, è ora positiva, ora negativa; ma sempre opposta allo stato elettrico della terra.

I vapori acquei dei mari, fiumi ecc. sono dotati d'elettricità positiva. Quando per l'afflusso d'un'aria un poco fredda si sono raccolti in una nuvola, attraggono l'elettricità negativa della terra, od anche di un'altra nuvola, e cagionano così lo scoppio d'un temporale. La elettricità atmosferica si forma sempre mediante l'evaporazione.

Il primo ch'ebbe il pensiero di premostrare al fulmine la sua via mediante un buon conduttore fu pure Franklin, ed egli trovò così gl'instrumenti, che noi non di rado vediamo eretti sopra le parti più elevate degli edificii. Io parlo dei *parafulmini*. In generale hanno forma di aste metalliche acuminate lunghe 15 in 30 piedi. La loro estremità superiore, che termina in una punta indorata, s'immerge nell'atmosfera; l'estremità inferiore è posta in comunicazione ora con un pozzo, ora con un altro luogo acquoso. L'argento e il rame, due ottimi conduttori, sono i più acconci pei parafulmini; anche il ferro può servire se noi eleggiamo per ciò una pertica grossa ben catramata. Anche le lamine di piombo danno sicurezza.

L'assorbire l'elettricità pericolosa delle nuvole, e tradurla nel suolo, senza che segua una scarica, è il grande unico scopo. Se una nuvola elettrica passa così vicino ad un parafulmine, che la sua influenza si renda sensibile sopr'esso, ella decompone la sua elettricità naturale o latente, caccia quella di egual specie nel suolo, ed attrae quella di genere diverso. L'ultima va quindi alla più alta estremità della punta, e vi consegue una forza tanto più considerevole quanto la nuvola agisce più efficacemente. In conseguenza di che le particelle d'aria umide, che si trovano tra la nuvola e il parafulmine, precipitano sopra questo con grande velocità, perdono così l'elettricità, che la nuvola aveva loro comunicato, e si caricano tosto d'una assai forte elettricità di diverso genere, tolta alla punta metallica. È manifesto che ora fuggono così il nuovo dispensatore come già l'antico, corrono sulla nuvola, e in breve tornano inelettriche. Così la carica e la scarica si succedono immediatamente. Chi si rammenta del principio generale sopra le elettricità opposte, deve anche chiarirsi come in tali circostanze la scarica succede il più senza esplosione, e come per conseguenza un parafulmine sia un ottimo schermo per tutte le cose che non si trovano troppo lontane, lateralmente e sotto a lui.

Se una casa non ha parafulmine altri dee ricovrarsi, quando imperversa un fiero temporale, in quei luoghi della stanza, che sono i più lontani da tutti i buoni conduttori dell'elettricità. Porsi accanto ad una finestra, ad un muro, o ad una stufa di ferro, è un'abitudine cattiva, anzi pericolosissima; imperocchè il fulmine non sen va quasi sempre giù pei muri? o non abbiamo noi veduto forse mai,

come esso principalmente attacchi e renda liquido il piombo delle finestre, e i metalli che si trovano alla porta ed alle pareti? Non è meno pericoloso, all'appressarsi di un temporale, il tener vivo il fuoco nel focolare, l'andare sotto la cappa del cammino, che è l'oggetto più elevato della casa, stare a molti insieme in una piccola stanza ecc. Al contrario una corrente d'aria non determina punto secondo tutte le probabilità la via del fulmine. In campagna il pericolo d'essere colpito è assai grande, perchè il fulmine abbatte assai volentieri gli oggetti più elevati di quel che scenda a dirittura a terra. Se il temporale è assai vicino non possiamo far meglio che atterrarci, ed esporci piuttosto alla più forte pioggia che al timore di essere ad ogni instante percossi dal fulmine. I luoghi presso agli alberi sono fuor di dubbio i più pericolosi. Lichtenberg fece però una volta la proposta di mettere a ciascun albero isolato una tavoletta con l'inscrizione: *qui altri è percosso dal fulmine.* Un antro porge un sicurissimo ricovero. In una selva noi possiamo essere del pari perfettamente tranquilli, perchè essendo cinti d'alberi per ogni lato, l'attrazione non predomina per nessun verso.

Una speciale attenzione meritano anche gli effetti del fulmine sul corpo umano. Secondo accurate ricerche le circostanze che seguono sono le più importanti.

1. *Tutte le lesioni visibili si estendono principalmente sulla superficie del corpo, e assai meno pertanto nel suo interno;* 2. *sulla pelle e sul rovescio delle vestimenta si vedono bruciature in forma di macchie o di strie;* 3. *il cammino, che ne viene segnato, non si dirige nè secondo la posizione dell'ossa, nè secondo il corso delle vene, o dei nervi, ma nella somma, non calcolando alcune diramazioni o dilatazioni irregolari, sulla via più breve per arrivar alla terra, o anche nel verso d'un oggetto di metallo;* 4. *oltre i luoghi dell'ingresso e dell'uscita le lesioni sono più forti dove si sono frapposti ostacoli alla libera propagazione, per esempio sotto le vestimenta;* 5. *i gradi della lesione decrescono dall'esterno all'interno; finalmente,* 6. *le parti nobili, interne, rimangono sempre intatte, sebbene seguano talora lesioni, anzi spargimenti di sangue delle parti coperte dalla pelle.*

Un fenomeno elettrico particolarissimo sono i lampeggi, che soglionsi chiamare al presente *fuochi di sant'Elmo,* e dagli antichi erano detti *Castore* e *Polluce.* Constano o di un fiocco di luce (con +E) o di una stella luminosa (con —E); appariscono solo nell'oscurità ai più alti punti dei diversi oggetti, specialmente alle punte delle torri, ed alberi di nave, ed hanno la più grande analogia con quell'elettricità, che effluisce nell'aria dalle punte metalliche. Nulla ne favorisce più la produzione che l'aria inferiore satura d'elettri-

cità. E poichè, quando appariscono, segue di rado e forse non mai aumento dell'elettricità, si hanno come un sicuro segno che il temporale svanirà senza scoppiare in alcuna parte. Una simile luce elettrica esce talora dai capelli e dagli abiti di coloro, che stanno all'aperto durante un temporale.

Il così detto *lampo* appartiene come il temporale all'estate, ma si vede anche, e veramente più spesso che quello, nell'autunno, inverno e primavera. *È un fulmine senza tuono.* Dopo parecchie giornate infocate o in generale assai calde per la corrente stagione, noi osserviamo non di rado uno splendore che sorge le più volte presso all' orizzonte, torna ripetute volte, e non traversa punto l'aria a zigzag come il fulmine. L'uomo volgare suole così esprimersi sopra questo fenomeno: *il tempo si raffresca.* Del resto nessuno può dare ancora una risposta precisa alla domanda; ma come si forma il lampo?

Più malagevoli a spiegare che il baleno, sono ancora due fenomeni, che noi qui rappresenteremo al meglio. Intendo lo *scione* o *tromba di mare* e l'*aurora boreale.*

Chi vuol prima farsi un giusto concetto dello scione, osservi qui il disegno della figura 250, e ascolti quello che Forster ci dice di

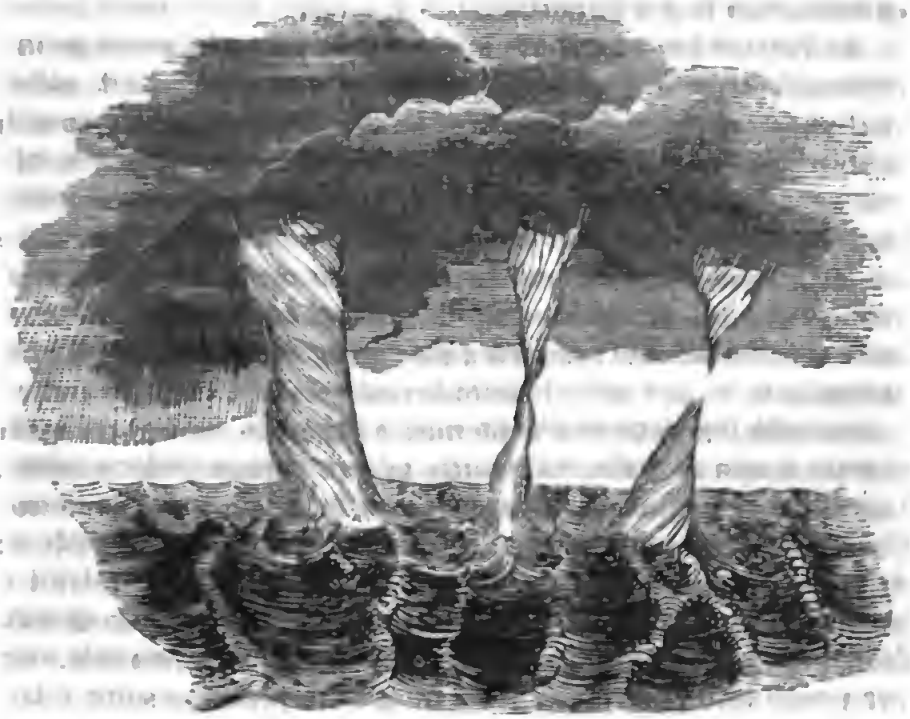


fig. 250.

quello scione ch'egli vide nascere, formarsi mano mano e di nuovo sparire tra le isole della Nuova Zelanda.

« Dopo una notte assai tempestosa (così la relazione del famoso navigatore) verso il mattino successe una quasi perfetta bonaccia; solo qua e là si levavano ancora delle nuvole, ed a certa distanza da terra pareva piovere. Poco dipoi si sviluppò a certo luogo del mare un punto biancastro. La colonna d'acqua, che s'alzò di colà, si unì con una simile che le veniva incontro da una nuvola. Dopo breve tempo si formarono tre altre colonne. Allora il mare imperversò fieramente, ed i vapori s'alzarono in forma di una pioggerella. Quanto più le colonne, il cui diametro era grande inferiormente 70 a 80 tese, nel mezzo appena 2 in 3 piedi, e superiormente molte tese, s'avvicinavano al naviglio, tanto più il mare si commoveva; tanto più violentemente si frangeva in brevi e leggiere ondate. Durante l'intero fenomeno si udiva uno scroscio simile al fragore di una cascata di acqua in una profonda valle; talora cadevano dei granelli di grandine sul ponte del naviglio; finalmente piovve parecchie volte; anche folgorò; senza che tuttavia si potesse sentir un tuono ». Io racchiudo nei 7 punti seguenti le più importanti esperienze sopra il fenomeno naturale del quale parliamo: 1. *gli scioni nascono il più in vicinanza di quelle regioni, ove dominano spesso venti incostanti, ed una temperatura variata;* 2. *essi non sono mai accompagnati da temporali estesi, ma sempre locali;* 3. *si osserva per solito nella loro vicinanza una mirabile bonaccia;* 4. *essi sollevano turbinando in alto tutti gli oggetti che prendono;* 5. *nascono ora superiormente dalle nuvole, ora inferiormente dall'acqua;* 6. *la loro materia non è effettivamente acqua, ma solo vapore d'acqua; finalmente,* 7. *il diametro della loro grossezza arriva da 2 a 200 piedi; la loro altezza da 30 a 1500 piedi.* Agli scioni sono simili le *trombe di terra*; anche queste è assai verosimile che abbiano a fondamento un'azione di forze elettriche.

Assai più frequenti che nelle nostre contrade, ove in generale non si vedono che di rado, sorgono le aurore boreali nella Svezia, nella Lapponia, nella Siberia, brevemente nelle regioni più settentrionali. Quivi nel verno domina quasi senza interruzione la notte; la terra è deserta; il suo aspetto è mesto; ed ecco tutto ad un tratto il cielo raggiare con ineffabile magnificenza; ammantato per così dire di fuoco, spande intorno a sè un possente splendore, e muta, almeno per poche ore, l'oscura notte in un giorno piuttosto splendidamente illuminato.

In quell' aurora boreale, che fu visibile il 27 Ag. 1817 alle isole Shetland, si videro dapprima al nord-est alcune piccole strisce di

luce, che si alzavano un poco sull'orizzonte, e poichè erano state certo tempo ferme, di nuovo sparirono. Un'ora e mezzo più tardi si mostrarono di nuovo nella stessa plaga del cielo, ma assai più risplendenti, numerose ed estese. Se dava piacere il vederle formare un arco regolare, il piacere dovette crescere altamente quando finalmente il più alto punto dell'arco si compiè, e questo si mantenne un'ora in tutta la sua bellezza. Durante questo tempo si osservò solo un suo breve movimento verso il sud-est. Il gran tratto di cielo, che esso confinava al nord ovest, era traversato da raggi luminosi, la cui varietà di colori e figure occupava lo spirito non meno che gli occhi. Al principio quasi ciascun raggio comparve come una semplice lista di luce bianchiccia; ma presto crebbe di grandezza e beltà; all'ultimo si restrinse in un filo sottile rettilineo, la cui luce ordinariamente splendida, estremamente vivace era di un colore rosso assai spiccato. Quello che s'è detto di questa, è da dirsi più o meno di ogni altra aurora boreale. La figura 251 che segue dimostra, per quanto si può, lo splendido fenomeno.

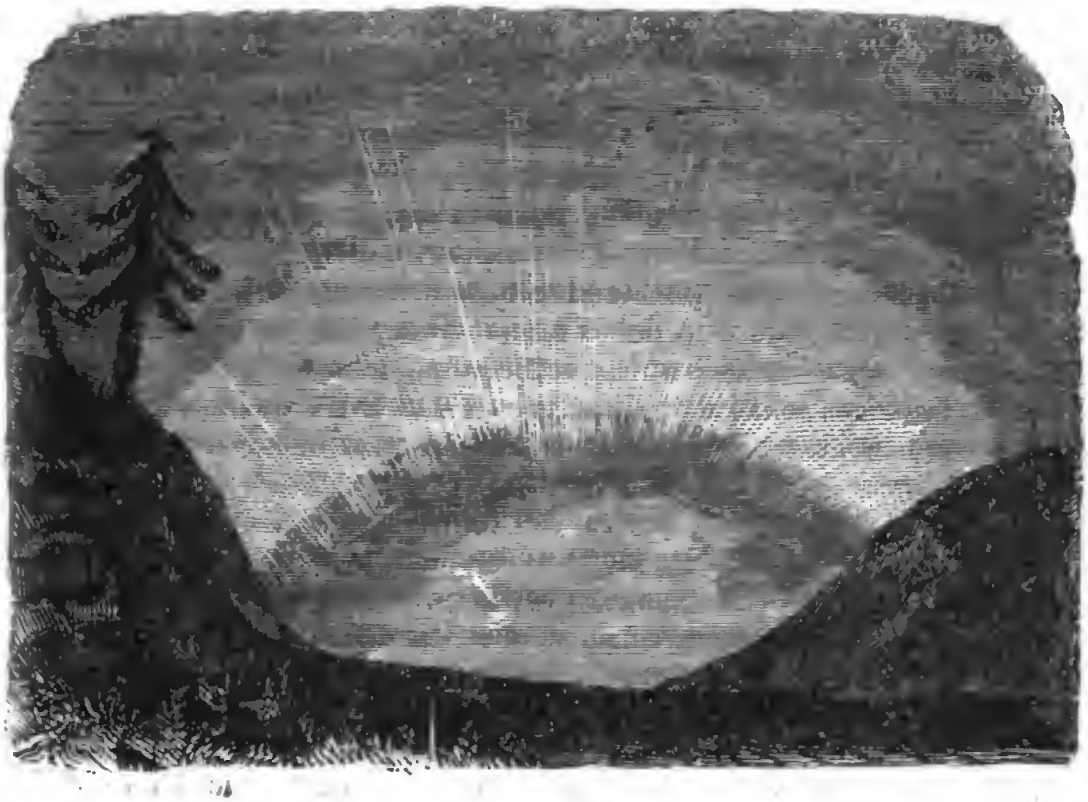


fig. 251

Quei fenomeni luminosi, di cui si è sopra discorso, furon lunga

pezza tutto quello che fu osservato dell'aurora boreale. Solo nell'anno 1740 due svedesi vi scopersero altre particolarità al tutto singolari; videro cioè, che finchè durava, gli aghi magnetici quasi sempre prendevano a fare oscillazioni, che del resto apparivano irregolari; e sempre di tanto più forti quanto l'aurora boreale era più vivace, ed a gran pezza più estesa. Per sventura questa bella scoperta non servì punto a darne una spiegazione soddisfacente. Rimane sempre notevole la grande analogia dell'aurora boreale con quei fenomeni, che ci offre l'elettricità, quando effluisce da un luogo ove l'aria sia rarefatta.

Un fenomeno al tutto simile sull'emisfero meridionale si chiama *Aurora australe.*

§. 13.

Dell'elettricità galvanica o di contatto.

Pei diversi esperimenti che io intendo oggi di fare, ho bisogno primamente di una quantità di dischi, che abbiano circa la grossezza di un tallero e sieno parte di zinco, parte di rame. Perchè io possa servirmene in certi esperimenti, due almeno di questi dischi, vale a dire uno di zinco, ed uno di rame, devono essere muniti di una piccola colonna di cristallo, o di ceralacca, che li isoli, e ferisca normalmente il centro delle loro superficie. Un instrumento necessario è poi questo sostegno di legno con le sue tre verghe di cristallo sottili, piuttosto lunghe e verticali — ha lo scopo di tener fermi i dischi metallici l'uno sull'altro. Non meno necessario è un condensatore con un elettrometro a foglie d'oro.

Esperienza prima. — Io pongo l'una sull'altra quelle due piastre di metallo, prendendole per la piccola colonna isolante. Dipoi le separo di nuovo. In questa seconda operazione io bado principalmente, che siano allontanate in modo perfettamente uniforme, o per esprimermi con più precisione, che nel discostarsi le loro superficie non perdano la loro posizione parallela. Io metto poi a contatto la piastra di zinco con la base del mio condensatore (questo è in comunicazione con l'elettrometro a paglie d'oro, e il coperchio con uno de' miei diti e mediatamente anche con la terra) e poco dipoi la piastra di rame con un dito bagnato. Presupposto che l'aria sia asciutta, il ripetere otto o dieci volte il mio esperimento, basta ad accumulare nella base del condensatore tanta elettricità,

che nella reciproca repulsione delle foglioline d'oro non solo riconosco la sua presenza in genere, ma in particolare la specie a cui essa appartiene. Sempre la piastra di zinco riceve elettricità positiva mediante il suo contatto con la piastra di rame. Mentre io poi metto in contatto altrettante volte nel modo noto la piastra di rame col piatto del condensatore, vedo che possiede in egual grado l'elettricità negativa.

Esperienza seconda. — Invece delle dette piastre metalliche, io ora ne prendo in mano due altre, anche queste di specie diverse, ma senza la piccola colonna; pongo la piastra di rame sopra la punta umida della lingua, la piastra di zinco sotto, e metto in comunicazione le parti che ne sporgono fuori. Io provo allora un sapore acidulo. Se nel ripetere l'esperimento io scambio il posto delle due piastre metalliche, il sapore acido si trasmuta in un sapore pungente, bruciante.

Esperienza terza. — Io bagno uno degli angoli interni dell'occhio, e pongo in esso p. e. una piastra di zinco; dipoi io appoggio tra la mascella e il labbro inferiore questa stretta e lunga lamina di rame; infine pongo in reciproco contatto i due pezzi di metallo, appunto come nel mio secondo esperimento. E quale n'è il successo? Innanzi agli occhi mi si affaccia un bagliore, che ha la maggior analogia con un lontano baleno. Del resto anche in questo esperimento, quando io scambio tra loro la piastra di zinco, e la lamina di metallo si scopre un sottil divario. Se io premo poi uno dei pezzi metallici alla gengiva del lato destro della bocca, l'altro a quella del sinistro, io avverto un fenomeno simile al lampo nel momento che le parti sporgenti si toccano.

Esperienza quarta. Io pongo qui un bicchiere di stagno, pieno d'acqua pura, sopra questa moneta di due talleri, e tocco il liquido con la punta della lingua. Ma nell'accostare in pari tempo le mani bagnate al sostegno d'argento, provo di nuovo il noto sapore acidulo. Udite ancora:

1. Quando in una sera dell'anno 1789 *Galvani*, prof. di medicina a Bologna, instituiva varie esperienze nella sua propria stanza, avvenne che parecchie rane scorticate, destinate a far un brodo per la moglie di lui, ch'era malata, si trovarono sulla stessa tavola con una macchina elettrica. Senza proporsi un fine, uno dei suoi aiutanti prese un sottile coltello, toccò con la punta i nervi crurali di una di quelle rane, e vide con maraviglia, che i muscoli di lei si contraevano convulsivamente. Questo misterioso fenomeno non si rinnovava però ad ogni nuovo tocco. Finalmente una terza persona scoperse che le convulsioni seguivano allora soltanto,

che si traeva una scintilla dal lontano conduttore, nell'istante che la punta del coltello veniva in comunicazione coi nervi. Chi conosce le leggi della decomposizione della elettricità, può tanto meno prender meraviglia di questo fenomeno, in quanto che tutti gli anfibii conservano l' irritabilità da cui dipendono i moti convulsivi de' muscoli, lungo tempo dopo la morte, anzi dopo la separazione di alcune parti del corpo. Zelante di conoscere la causa del nuovo fenomeno, Galvani esperimentò tutti i giorni con indomabil pazienza, ed avendo una volta attaccato delle gambe di rane preparate a sottili ganci di rame, ebbe il piacere di vedere quelle membroline cadere in convulsioni quando quei gancetti non solo toccavano la midolla spinale, ma venivano anche posti in comunicazione con l'inferriata. Questa irritabilità per contatto metallico è appunto quella che ad onore del suo discopritore ha ricevuto il nome di *Galvanismo*. Da ultimo io osservo, che allora vi fu solo un fisico, che cercò di riferire il nuovo fenomeno all' elettricità comune, ed a cui finalmente riuscì ancora di osservarla nel contatto reciproco di due metalli. Questo naturalista fu *Alessandro Volta*. Del resto com'egli abbia instituito il suo primo esperimento, la così detta *esperienza della rana*, lo mostra la qui aggiunta figura 252. Le gambe delle rane preparate non abbisognano di nessuna spiegazione (*), le altre parti segnate così *z* e *k* rappresentano quell'arco, formato di zinco e rame, che mette in comunicazione i nervi ed i muscoli. Lo zinco ed il rame devono avere una superficie perfettamente metallica, per lo meno là dove toccano le gambe delle rane, e dove l'uno tocca l'altro. Questo così semplice esperimento condusse Volta alla convinzione, che il *fluido*, il quale agisce qui, *non si sviluppa nè nei nervi, nè nei muscoli della gamba della rana, ma nei due metalli, e propriamente pel loro reciproco contatto, e concorda perfetta-*

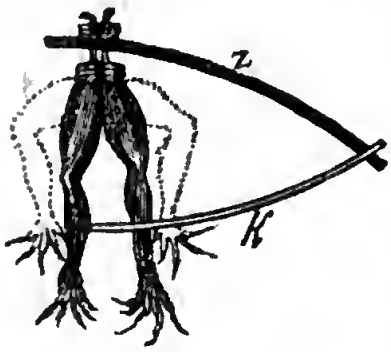


fig. 252

(*) D'ordinario si taglia in due una rana per mezzo di buone forbici, dopo averla sbalordita almeno con un colpo nel capo, si leva il resto delle interiora dalla metà posteriore, e si scortica. I filamenti nervosi che escono dalla estremità inferiore della colonna vertebrale e sono assai distintamente visibili, si liberano per mezzo d'un tagliente temperino anche dal tessuto cellulare che li circonda.

mente con l'elettricità comune, con quella cioè che si produce strofinando o battendo. Il suo avviso fu alla fine adottato generalmente come giusto, per quanto Galvani e i suoi partigiani lo combattessero.

2. Tutti i metalli, pel cui mezzo si operano i detti fenomeni, si chiamano *elettromotori* o *eccitatori dell'elettricità galvanica*. I migliori elettromotori si reputano lo zinco accoppiato con l'oro, l'argento o il rame. Dopo i metalli il carbone è l'elettromotore più efficace. Che anche si produce elettricità quando certi corpi e solidi e liquidi si toccano l'un l'altro, noi possiamo vederlo in una verghetta di zinco o di rame, che, posta in un acido, diventa elettrica negativamente alla sua parte sporgente in fuori. Chi crede poi che siano assolutamente necessari due metalli di genere diverso perchè si produca l'elettricità per contatto, s'inganna d'assai; imperocchè ella può essere eccitata con metalli di egual genere, presupposto però che nella forma, nella durezza, nella temperatura, nella levigatezza, brevemente in qualunque di tali parti, si differenzino l'uno dall'altro.

3. L'esperienza insegna che quelle piastre di metallo che rispetto alla loro affinità con l'ossigeno stanno assai lontane l'une dalle altre, mostrano la massima tensione elettrica, e che inoltre quella piastra, che si combina meglio con l'ossigeno, riceve costantemente, quando segue il contatto reciproco, l'elettricità positiva, e l'altra nello stesso grado, l'elettricità negativa. I seguenti elettromotori sono ordinati per modo, che ciascuno dei precedenti, tostochè tocca uno dei seguenti è positivamente elettrizzato, e il seguente al contrario negativamente: (+) zinco, piombo, stagno, ferro, rame, argento, oro, platino, carbone (—). Del resto quanto più in questa serie gli elettromotori sono distanti l'uno dall'altro, tanto più forte apparisce la tensione elettrica.

4. Se noi mettiamo in comunicazione il pezzo di zinco e quello di rame per mezzo di un filo metallico, o d'un altro conduttore, noi abbiamo la così detta *coppia voltaica o galvanica a circuito chiuso*. Poichè questa non cessa di eccitare l'elettricità, noi supponiamo che per mezzo di quel conduttore, che porta il nome di *conduttore galvanico*, segua un afflusso continuo delle due elettricità. Questo movimento tutto particolare si chiama *corrente galvanica*, e il cammino che tiene, *circolo* o *circuito della corrente galvanica*. Del resto come v'ha un circuito *chiuso*, così ve n'ha anche uno *aperto*; in questo gli elettromotori sono posti in comunicazione insieme solo per via di qualche liquido.

8. La forza, che agisce nel fenomeno in discorso, si chiama *forza elettromotrice;* ella ha poi la sua sede in quei punti dove i metalli si toccano reciprocamente, e decompone costantemente le due elettricità che fino allora erano state insieme congiunte. Effluisce p. e. la +E del rame verso il disco di zinco, e si unisce con la +E di questo; la E negativa dello zinco cammina al contrario verso il disco di rame, per afforzare in certo modo la sua —E. *Noi abbiamo pertanto una corrente d'elettricità positiva, e un'altra d'elettricità negativa; quella si dirige dai metalli negativi ai positivi; questa dai positivi ai negativi.*

Per le operazioni, che io voglio imprendere dopo le spiegazioni date sulle prime esperienze dell' elettricità per contatto, non mi occorrono solamente tutte le piastre di zinco e di rame, che ho a mia posta, ma anche queste rotelle di panno, bagnate di un acido molto diluito (l'acqua o l'aceto, misto in gran quantità col sale comune, serve pure egregiamente). Io pongo ora sul mio sostegno di legno munito di tre verghe di cristallo tutte le piastre metalliche, e i dischi di panno per modo che, 1. sopra una piastra di zinco venga regolarmente una piastra di rame, o anche viceversa; che 2. queste coppie siano divise a due a due da un disco di panno; e che 3. le piastre estreme sian diverse, vale a dire sian tali, che la colonna o pila, quando per esempio ha cominciato con una piastra di rame, finisca con una piastra di zinco: brevemente, io seguo l'ordine: *r z u r z u . . . u r z*, o *z r u z r u . . . u z r*. Del resto voi trovate posta a doppio anche la piastra inferiore e la superiore. Solo questo mi ha reso possibile di fermare i necessari fili metallici alle estremità della pila. A quelli che non hanno mai ancora veduto un simile apparecchio serva la qui aggiunta figura 253; noi intanto osserviamo diligentemente gl'interessanti sperimenti, a cui ci dà così egregia occasione.

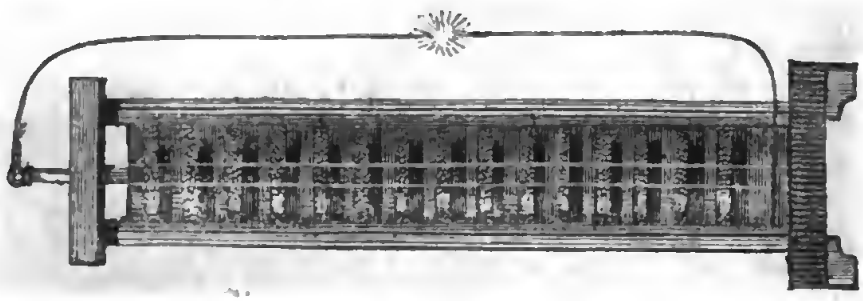


fig. 253 (veduta però verticalmente)

Esperienza prima. — Io tengo dapprima il filo inferiore con la

sinistra, il superiore con la destra, e non solo provo nell'istante, che chiudo il circuito, ma anche poi risento una durevole commozione elettrica. Io ricevo una simile scossa, ma tuttavia di minor forza, quando io apro di nuovo il circuito. Poi io bagno le due mani, e rifò la mia esperienza. Ed ecco: la scossa propriamente cocente si diffonde quasi fino al carpo. Se io mi reco in ciascuna mano un cucchiaio d'argento, l'uno e l'altro de' quali siano stati prima immersi in una soluzione salina, e tocco per mezzo d'essi i fili metallici della pila, l'effetto succede in un grado anche maggiore, e non risparmia neppure il mio avanbraccio. Se io conduco finalmente il filo metallico in un vaso pieno d'acqua, e pongo poi le palme delle mie mani sullo specchio di questo liquido, si riproduce in me la nota sensazione elettrica, e mi scuote realmente in un modo assai notevole. Esaminate ora se 1. avvertite in voi stessi tutti questi fenomeni, e se 2. la pila, quando voi vi prendete l'un l'altro con le mani bagnate e formate una catena, può comunicare a tutti voi la scossa nel medesimo tempo. In quest'ultima esperienza i due che stanno ai capi della catena devono impugnare i fili metallici della pila, perchè il circuito sia chiuso secondo il prescritto.

Esperienza seconda. — Poichè io ho messo in comunicazione l'un capo della pila (sia per esempio la piastra estrema di rame) con la terra, l'altro mi scopre ch'esso è munito d'elettricità, quando io gli accosto un elettroscopio assai sensibile. Ad un esame più minuto, trovo ch'è dotato d'elettricità positiva. Tenuti alla estremità di rame della pila, mentre dall'estremità di zinco pende una catena metallica fin giù a terra, le palline del sottile instrumento mostrano elettricità negativa. Onde con ragione l'*estremità-zinco si chiama il polo* POSITIVO; *l'estremità-rame si chiama il polo* NEGATIVO *della pila.* Con l'aiuto del mio nuovo instrumento e di eccellenti condensatori io posso caricare le bottiglie di Leida, disegnare le figure di Lichtenberg, brevemente rendere visibili tutti gli effetti dell'elettricità prodotta per confricazione.

Esperienza terza.—Gli apparecchi al mio terzo esperimento sono assai semplici; io devo cioè solamente ricoprire uno dei fili della colonna alla sua estremità libera con oro fogliato. Ecco fatto. Mentre io poi avvicino quel filo all'uncinetto del secondo polo, sprizza fuori una piccola scintilla, e distrugge l'oro fogliato dove l'ha colpito. In virtù di questa scintilla si producono ancora molti altri notevoli fenomeni.

Esperienza quarta.—Io fisso due pezzi di carbone che terminano in sottile punta ai fili conduttori della colonna, e gli avvicino poi

gli uni agli altri quasi fino al loro immediato contatto. Tosto alle due punte di carbone si mostra una luce bella, anzi straordinariamente brillante. Se io accosto i pezzi di carbone alla superficie di un liquido infiammabile, per es. dello spirito di vino nel vaso che vi sta innanzi, voi vedete lo spirito di vino trasformarsi in una piacevole fiamma. Quando Davy, il famosissimo fisico inglese, accostò l'uno all'altro pezzi di carbone lunghi un pollice, e grossi da 1|6 fino ad 1|30 di pollice, gli apparve una viva scintilla, e più che la metà d'essi fu nell'istante incandescente. Estremamente magnifica riuscì anche più tardi quella corrente di luce, che apparve tra le due punte di carbone, quando si trovarono ancora in una reciproca distanza di 4 pollici. Ciascun corpo introdotto in essa fu gagliardamente riscaldato: il platino p. e. si fuse come la cera; anche il quarzo, la calce, il zaffiro, ed altre pietre si liquefecero. Il diamante, dei pezzetti di carbone, e il lapis finalmente sparirono in un istante, e parvero essersi volatilizzati nel possente fuoco, senza essere stati prima fusi. Anche col mezzo di pile di gran lunga più deboli di quelle che avea Davy, un filo di platino lungo 20 pollici, e grosso 1|20 di pollice può essere portato all'incandescenza, con tanta rapidità che l'occhio quasi non può sopportarne lo splendore, e il metallo dopo pochi secondi cade giù a gocciole.

Esperienza quinta. — Voi vedete qui 1. un bicchiere; 2. due fili di platino *f* ed *f'* (fig. 254) che scendono nel fondo di quel recipiente, piuttosto sottili, acuminati alla loro estremità inferiore e lontani quivi solo alcune linee l'uno dall'altro; 3. due tubi, parimenti di vetro, *o* ed *h*, che io ho empiuto come pure il bicchiere, d'acqua distillata, e poi ho posti così capovolti nel vaso più grande attalchè sopra ciascuno dei fili *f* ed *f'* si trova un tubo di vetro. Quando ora io pongo in comunicazione la piastra metallica inferiore della pila con l'uno dei fili, e la superiore con l'altro filo, si svolgono del continuo bollicine di gas, e si accumulano nella campanetta di vetro in una sempre maggior quantità d'aria. Le bollicine di gas in *o*, che conduce all'estremità-zinco della pila, sono puro gas ossigeno; quelle in *h* che s'attacca alla estremità-rame sono puro gas idrogeno. Questa esperienza ci mostra scolpitissimamente la decomponibilità dell'acqua. La formazione del gas sarebbe seguita anche più viva, se io avessi sciolto nel-

fig. 254

l'acqua alcuni granelli di sale, o mescolato questo liquido con poche stille di qualsiasi acido. Qualunque sia il modo nel quale io possa instituire il mio esperimento, rispetto al volume, l'ossigeno sviluppato sta sempre all'idrogeno come 1 a 2: brevemente i due gas sono divisi appunto nella stessa proporzione con cui di nuovo si riuniscono in acqua. Se i fili *f* ed *f'* non constano di platino o d'oro, ma d'argento o anche di un metallo ignobile, l'esperimento riesce appena per metà; noi vediamo cioè allora all'estremità inferiore di quella verghetta, che conduce al polo zinco della pila un ossido metallico, invece del gas ossigeno.

A queste esperienze io mando dietro alcune spiegazioni.

1. Il nuovo instrumento porta, in onore del suo inventore *Volta*, il nome di *Pila voltaica*, e talora si chiama *Batteria galvanica*, come quello che accumula molto l'elettricità galvanica. Ogni coppia de' dischi, ed ella ne ha molti, forma un *elemento*. Delle denominazioni di *polo zinco* e *polo rame*, *polo positivo* e *negativo*, io vi ho già detto l'occorrente in occasione del mio secondo esperimento.

2. La bontà di una pila voltaica, principalmente del genere di quella che io vi ho costrutta, dipende soprattutto da quel liquido in cui devono essere immersi i dischi di panno, di feltro o di cartone. Una soluzione di sal comune nell'aceto è preferibile a ogni altra. Ma immediatamente dopo il liquido, il numero e la grandezza delle piastre metalliche hanno speciale influenza; alcuni fenomeni come p. e. la scossa e l'azione della pila sull'elettroscopio crescono col numero dei dischi; altri al contrario, come lo scaldarsi e l'incendersi de' metalli, il decomporsi di qualsivoglia corpo ne' suoi costituenti ecc., crescono con la grandezza dei dischi. Dalla grandezza dei dischi sembra dipendere la quantità dell'elettricità svolta, dal loro numero la sua forza.

3. Ogni coppia della pila è elettrizzata, come è lecito supporre (*), mediante l'azione chimica del liquido. Una parte delle due elettricità si combina instantaneamente; un'altra all'incontro, cui dovete principalmente por mente, rimane libera. Ora, 1. l'elettricità positiva del disco di zinco va a traverso il liquido alla elettricità negativa del disco di rame della coppia precedente e la neutralizza; e così 2. l'elettricità negativa del disco di rame va a traverso il liquido all'elettricità positiva del disco di zinco nello

(*) Tutto quello che io vi dico qui non è altro che una ipotesi, che però ha quasi cessato d'essere un'ipotesi, perchè spiega benissimo tutti i fenomeni. L'autore è il De la Rive.

Digitized by Google

elemento susseguente della pila, e vi esercita una simile influenza. Così rimane elettricità positiva libera nella coppia precedente, ed elettricità negativa libera nella seguente. Presupposto ora che la pila sia isolata, l'*elettricità libera positiva cresce a partire dal suo mezzo verso il polo zinco in progressione aritmetica, e l'elettricità negativa all'incontro verso il polo nord medesimamente.* La cosa va diversamente, quando l'un polo della pila comunica con la terra. Imperocchè allora questo polo non mostra veruna elettricità; ma l'altro la possiede a doppio, perchè essa è andata crescendo per tutta la pila. Del resto la pila si ricarica da se stessa dopo ogni scossa che se ne è tratta.

4. Non solo l'acqua, ma anche gli *ossidi* e *sali* ed anche gli *alcali*, che gli scienziati fino agli ultimi tempi hanno tenuto per sostanze semplici, vengono decomposti dalla batteria voltaica. Per mancanza dell'apparato necessario io mi limito qui ad una esperienza, che ci rende visibile la decomposizione de' sali. Io empio dapprima questo tubo piegato a forma d'U (fig. 255) di una soluzione salina colorata in turchino e immergo poi dall'un lato il filo del polo positivo della pila, e dall'altro il filo del polo negativo nel detto liquido. Nel far l'ultima operazione, la soluzione salina si colora in rosso al polo positivo, e in verde al negativo. Se io scambio i due fili, noi osserviamo un doppio processo: 1. si ristabilisce l'originario colore turchino; 2. dopo comparisce subito il rosso dove prima si trovava il verde e viceversa.

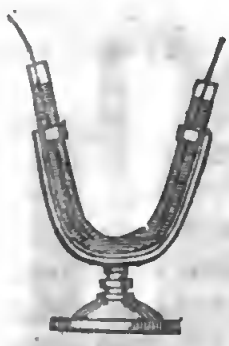


fig. 255

5. La più bella applicazione dell'efficacia chimica della pila è la *galvanoplastica*. Prima di dirvene l'occorrente, voi dovete almeno prendere contezza di alcune altre forme della batteria galvanica.

La pila *a colonna*, che io vi ho formata, ha in sè ben molti inconvenienti. Lasciando stare, che i dischi inferiori, nell'essere più fortemente premuti da quelli di sopra, cadono facilmente a quella secchezza, ch'è loro pregiudizievole (per solito il liquido corre giù lateralmente lungo la pila); le piastre di zinco e di rame si coprono, dove toccano i conduttori umidi, presto e riccamente di uno strato di sale e ossido metallico, e ci costringono pertanto quando devono spiegare nuove azioni a riforbirle con molta fatica. Da tale inconveniente vanno esenti le così dette pile *a forza costante*, vale a dire

invariabile. Qui noto solo la *batteria a zinco e carbone* di Bunsen. *Becquerel* è l'inventore delle batterie costanti.

Per far meglio conoscere la batteria di Bunsen, che con una spesa proporzionatamente assai piccola (in essa al costoso platino è surrogato il carbone che costa poco) produce effetti straordinariamente gagliardi, vi serva dapprima la figura 256. Il recipiente principale è di cristallo; vi è stato adattato un cilindro di carbone, cavo, aperto inferiormente, alto 5 a 6 pollici, la metà largo, e di pareti assai sottili. Quel bicchiere si restringe verso l'alto, tantochè tra esso e il cilindro di carbone non resta libero nessuno spazio notevole. Appunto questa circostanza determina la posizione fissa del cilindro di carbone nel bicchiere. Terza parte principale della batteria di Bunsen, si è un cilindro cavo, chiuso inferiormente, di argilla porosa, che in un' altezza di circa 5 pollici ha un tale diametro, che, posto nel cilindro di carbone, lascia vacuo uno spazio al tutto piccolo tra questo e sè. Essendochè la estremità superiore del cilindro di carbone che sporge dal bicchiere sia tornito leggermente a forma conica, ci riesce possibile di fissarvi saldamente un anello *a*, conico del pari, ma fatto di zinco. L' ultimo porta, per mezzo di un archetto dello stesso metallo *b*, un cilindro di zinco cavo *c*, la cui altezza è da 3 a 4 pollici, e il cui diametro circa 2, e che pende (cosaprincipalmente da osservare) nel vaso d'argilla del bicchiere seguente.

fig. 256

Ogni vaso d' argilla della batteria di Bunsen è pieno d'acido solforico diluito, e quel bicchiere d'acido nitrico concentrato, che lo riempie attorno all'incastratovi cilindro d'argilla infino al suo stretto collo.

Temendo che non vi sia riuscito ben chiaro, in qual modo le coppie di zinco e carbone sono attaccate l' una all' altra, io ho rappresentato quattro di tali coppie nella seguente fig. 257. Tutti i cilindri di carbone sono indicati da righe sottili ed orizzontali. Dei due anelli bianchi di ogni cilindro di carbone il cerchio interno rappresenta il cilindro di zinco, l' esterno il cilindro d' argilla. L' ultimo può essere anche visto dal di sopra. Come finalmente il cilindro di zinco del primo bicchiere è connesso per via di un archetto con quel cerchio di zinco, che stringe il cilindro di carbone del secondo bicchiere; come in modo precisamente eguale

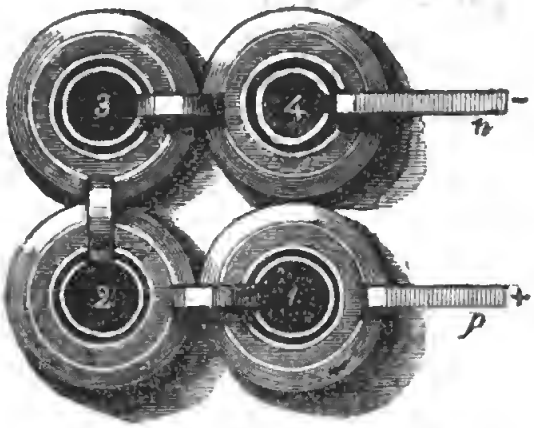


fig. 257

un archetto di zinco congiunge il cilindro di zinco del secondo col cerchio di zinco del terzo bicchiere, e un archetto simile il cilindro di zinco del terzo col cerchio di zinco del quarto bicchiere, tutto questo emerge chiaro ed espresso dalla figura. La lamina di zinco *p*, in cui termina il cerchio sul primo cilindro di carbone, fa da polo positivo della batteria; mentre la lamina di zinco *n*, in cui il cilindro di zinco termina nel quarto bicchiere, fa da polo negativo.

Tutte le batterie galvaniche, che voi avete fin qui imparato a conoscere, si chiamano *pile umide*, perchè in esse s'adopera sempre qualche liquido. Vi sono poi le *pile a secco*. Queste hanno altresì elettromotori di sostanze metalliche; ma il conduttore, che divide ogni due coppie dall'altre, ora è un corpo solido perfettamente secco, ora dotato di una piccola umidità. Nessuna pila a secco agisce forse meglio che quella primamente proposta e reiteratamente costrutta da *Zamboni*, professore di fisica a Verona. Considerate: 1. ch'essa e formata di 2 a 4 mila dischi di carta di un pollice e mezzo a due pollici di diametro; 2. che ciascuno di questi dischi è indorato o inargentato dall'un lato (per lo più si incolla della foglia d' argento falso per mezzo di gomma od amido); e l'altro s'impiastra di manganese polverizzato fine, che si confrica col mezzo di un tappo di sughero; 3. che nella pila le stesse facce metalliche stanno sempre verso la stessa parte; finalmente 4. che alle due estremità dell'apparato affine d'ottenere un perfetto reciproco contatto dei dischi di carta, si trovano grosse piastre metalliche, in generale buoni mezzi da premerli. Qualunque sia la pila secca che abbiamo costrutta, arriveremo sempre ai ri-

sultati, ch' *ella si carica da se stessa*; come la voltaica, ch' *ella agisce chimicamente con pochissima anzi con quasi nessuna efficacia, ma con notevole effetto agisce meccanicamente*, solo che conti 5 a 600 coppie di dischi.

Tra le più importanti applicazioni della pila secca debbono annoverarsi:

a) Una specie di *moto perpetuo*. — Supposto che due pile zamboniane, ciascuna delle quali contenesse almeno 2000 coppie di dischi, fossero sì vicine l'una all'altra, che i loro poli inferiori fossero eteronomi e messi in comunicazione mediante una lamina metallica, un ago metallico leggerissimo, sospeso precisamente nel mezzo tra i due poli superiori, anch'essi naturalmente diversi, non dovrebbe, tostochè io lo fo battere all'uno dei poli, entrare in un movimento non interrotto? Ora voi, ricordevoli forse dello scampanìo elettrico e simili, rispondete del sì; ma le vibrazioni, poichè oltre l' ago anche l' aria toglie l' elettricità ai poli, non seguono punto tanto regolarmente, quanto noi avremmo supposto in una per altro irreprensibile disposizione dell' apparato; ma piuttosto, secondo che l' aria acquista di secchezza o d' umidità, diventano ora più rapide ora più lente; anzi per un certo spazio cessano del tutto. Onde anche il *Perpetuum mobile* elettrico riesce poco soddisfacente.

b) L'*elettroscopio di Bohnenberger* è indubitatamente l'instrumento più perfetto della sua classe. In esso sta sospesa in una campana di vetro, e propriamente ad eguale distanza tra i due poli superiori di due pile zamboniane, una fogliolina d'oro, che dee muoversi subito verso l'uno o l'altro lato, tostochè la più piccola dose di elettricità è comunicata al polo positivo o al negativo. Io tralascio qui le molteplici diversificazioni di questo delicato instrumento.

Io torno finalmente alla *galvanoplastica*, vale a dire all'arte di rappresentare in rame senza gran fatica diversi oggetti, per es. monete, intagli in legno, impronte di gesso ecc. Questa bellissima di tutte le applicazioni dell' efficacia chimica della pila, che ci è stata insegnata prima da *Jacobi* e un poco più tardi da *Spencer*, si fonda sulla notevole circostanza che la corrente galvanica non sempre decompone perfettamente una soluzione salina; p. e. una soluzione di vitriolo di rame è decomposta solo in modo che il rame se ne vada al polo negativo, e l' ossigeno levandosi dalla combinazione, in cui allora si trovava, all' altro lato. Voi dovete qui badare principalmente a quel precipitato metallico del rame. Possa riuscire ben presto a qualche tecnicista di sciogliere perfettamente

il bel problema: *rendere la galvanoplastica un patrimonio comune dell'industria.*

Volendo ricopiare in sul rame nel detto modo monete, medaglie ecc., voi avete a procacciarvi dapprima un apparato più o meno simile a quello che vedete qui figurato (fig. 258). Notate:

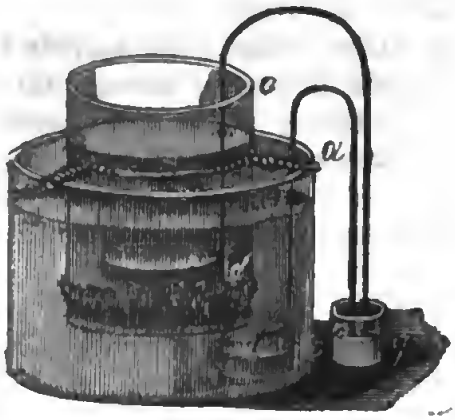


fig. 258

1. *il più gran recipiente di vetro a b*, che ha 6 in 8 pollici di diametro, e non viene mai chiuso alla sua estremità superiore; 2. *il più piccolo recipiente di vetro c d*, sulla cui apertura inferiore è disposta una vescica d' animale, e intorno al quale un poco sopra al suo mezzo è legato fermamente un filo metallico, i cui tre capi posano sull'orlo di *a b* e sostengono l'interno recipiente di vetro (la vescica d'animale resta per l' ordinario un pollice e mezzo a due pollici lontana dal fondo del vaso *ab*); 3. *il pezzo di zinco in* d *nel recipiente minore*, posa sopra una croce fatta di asticelle di legno; 4. *il piccolo vasetto q*, nel quale si versa l'argento vivo durante l'operazione; 5. *il modello nel recipiente più grande* (la figura ne lo mostra un poco a sinistra della lettera *b*); finalmente 6. *due fili di rame*, l'uno de' quali congiunge il modello e l'altro il pezzo di zinco a cui è saldato col vasetto di mercurio. Nel vaso interno si trova dell' acido solforico assai diluito, e tra il vaso esterno e lui una soluzione di vitriolo di rame.

Per ottenere una bella impronta, avete solo a fondere cera e stearina con la grafite pesta sottilmente, e spargere sulla moneta, dopo averla coperta all'orlo di carta, il detto liquido; per renderla poi deferente impiastratela, col mezzo di un pennello delicato, d'uno strato assai sottile di quella grafite polverizzata. L' ultima circo-

stanza non la priva menomamente di sua finezza e nitidezza. È chiaro che nella soluzione di vitriolo di rame dev' essere volta all'insu quella faccia della forma impiastrata della materia deferente. E perchè su quella parte del filo che è immerso nella soluzione di vitriolo di rame non si deponga per avventura il rame metallico, non dovete dimenticare finalmente di rivestirlo di cera lacca o lacca piatta, e in generale di una materia non conduttrice dell'elettricità, fino al punto che tocca la forma.

Secondo che la corrente elettrica che circola nell'apparato è più forte o più debole, anche il rame si depone più rapido o più lento sullo strato di grafite, e riesce più o meno chiara la soluzione di vitriolo, ciò che apparisce effetto di quel precipitato metallico. Tanto sopra un soggetto intorno al quale abbiamo probabilmente ad aspettarci ancora molto maggiori progressi.

§. 14.

I fenomeni elettro-magnetici.

Fin da principio vi dissi la forza attrattiva essere un'importantissima proprietà dell'elettricità. Anche il magnetismo ci condusse dapprima a questa sua proprietà. Quando noi cercammo poi le differenze tra l'elettricità positiva e la negativa, noi trovammo p. e. che le pallottoline di sughero, dotate d' elettricità di egual genere, si respingevano — e all'incontro pregne d'elettricità diversa, si attraevano. Voi avete riconosciuto al tutto lo stesso fenomeno tra i due poli della calamita. Non manca altro in verità, se le leggi che si riferiscono a questi fenomeni suonano perfettamente eguali, che noi nominiamo l'un polo magnetico il *polo positivo* e l'altro il *negativo*. Tuttavia questi nomi non avrebbero qui nessun senso. Io vi ricordo inoltre che ogni conduttore isolato in quell'estremità, ch' è rivolta verso un corpo elettrico, p. e. al conduttore carico d'una macchina elettrica, manifesta l'elettricità opposta, ma nell'altra estremità l'omonima dell'elettricità di quel corpo. Anche questo fenomeno ci viene presentato da un pezzo di ferro in vicinanza di qualunque polo magnetico; e non avete voi forse veduto, che quella parte d'un ago d'acciaio sospesa al polo nord d' una magnete diventa il polo sud, e la parte allontanata da quella calamita, diventa il polo nord, e per conseguenza il polo dello stesso nome? L'analogia tra l'elettricità e il magnetismo emerge anche se noi

paragoniamo ai conduttori dell'elettricità il ferro o acciaio dolce, ai non-conduttori di essa il ferro o acciaio temperato.

Tutte queste analogie, particolarmente quelle che si riferiscono all'attrazione ed alla repulsione, sono effettivamente troppo grandi, perchè i fisici non avessero dovuto sospettare da gran tempo una notevole connessione tra l'elettricità ed il magnetismo. Per isventura tutte le ricerche che dovevano condurre ad una certezza sopra questo punto, rimasero fino a poco fa senza frutto. Parecchi fenomeni, tra gli altri quello, che gli aghi della bussola, toccati dal fulmine, perdono la proprietà d'indicare sicuramente il cammino dei navigli, sono stati nel vero in qualche modo prodotti mediante la scarica di bottiglie di Leida, ma non s'ebbero risultati regolari: onde altri dovè stare contento al supposto: *la scossa elettrica agisce sull'ago magnetico all'incirca come la percossa d' un martello.* Solo nel 1820 il naturalista danese Oersted scoperse l'attenenza già presunta da tanti. Datosi allora a studiare l'effetto della corrente elettrica sugli aghi magnetici avvicinati al filo metallico, gli si presentarono con sua gran gioia e meraviglia i più misteriosi fenomeni. Tutti si chiamano *elettro-magnetici*, e sono del rimanente troppo numerosi e troppo molteplici perchè si possa parlarne qui pienamente; io volgo la vostra attenzione solo sopra alcuni di essi.

A volere instituire l'esperienza fondamentale sopra l'azione di una corrente elettrica sulla calamita, ho bisogno: 1. di un comune ago magnetico; 2. di una batteria galvanica di gran superficie, di quella per esempio che ci ha dato Bunsen nella sua pila di zinco e carbone; e 3. di un filo di rame piuttosto grosso, e piegato in modo che formi un quadrato di lati lunghi 8 in 10 pollici, e che cada nel piano del meridiano magnetico. Io immergo le due estremità del filo, *ba* e *fg* (fig. 259) nella tazzetta d' argento vivo della mia batteria, ma tengo l'ago magnetico successivamente *sopra* e *sotto* le parti di filo *cd* ed *ef*. Presupposto che l'estremità *ba* sia in comunicazione con la tazzetta di mercurio elettrizzata positivamente, le frecce della figura vi mostrano esattissimamente in qual modo circoli la corrente elettrica; da *b* fino a *c* ascende; da *c* fino a *d* corre orizzontalmente, e precisamente nella direzione dal sud al nord nel meridiano magnetico; da *d* a *e* discende; da *e* fino ad *f* finalmente si muove per la seconda volta orizzontalmente, ma al presente, oppostamente alla direzione da *c* a *d*, dal nord al sud. Ora si domanda: quale in-

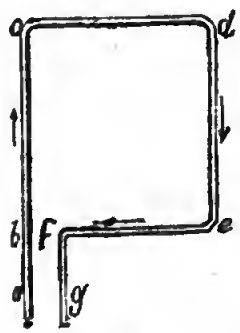


fig. 259

fluenza esercita sopra l'ago magnetico? Se si trova, 1. sopra *c d*, il suo polo nord devia verso l'oriente (io intendo qui il polo effettivamente volto al nord, che alcuni chiamano polo sud); 2. Se si trova sotto *cd* allora viene a stare all'occidente del meridiano magnetico. Rispetto alla parte di filo *e f* i detti fenomeni avvengono poi nell'ordine opposito, vale a dire noi osserviamo prima una deviazione occidentale, e quando teniamo l'ago sotto *e f* una deviazione orientale. Anche la corrente diretta verticalmente in *bc* e *de* muta l'indirizzo dell'ago; ora cioè ne attrae il polo nord, ora lo respinge secondo che questo polo si trova sull'uno o l'altro lato del filo. Per venire in chiaro dei diversi rapporti, che sussistono tra la direzione della corrente elettrica da una parte, e la direzione dell'ago ch'essa devia dall'altra, figuratevi una piccola figura umana investita così nel filo conduttore, che la corrente positiva entri pei piedi ed esca per conseguenza dal capo, e notate la seguente semplice regola: *Se la figura volge il suo viso all'ago, il polo nord devia sempre al lato sinistro.* È manifesto che la figura prende anche una posizione diversa nelle diverse direzioni del filo conduttore. Se la corrente cammina orizzontalmente come in *cd* ed *ef*, essa sta, secondochè noi teniamo l'ago sopra o sotto il filo conduttore, o sul dosso o sul ventre; se ascende come in *b c* o discende come in *d e*, noi l'abbiamo nel primo caso nella posizione ordinaria, nel secondo co' piedi all'insù.

Osservate poi le figure 260, 261 e 262. Tutte rappresentano tubi di cristallo, in cui è stato posto un ago d' acciaio, e intorno ai quali è stato avvolto a forma di spirale un filo di rame. Ciò che v'ha di notabile si è che l'ago d'acciaio nell'istante che la corrente elettrica comincia a circolare diventa magnetico, e dura tanto in questo stato quanto è possibile. Ma perchè si torce il filo ora a destra (fig. 260), ora a sinistra (fig. 261) ed ora a destra ed a sinistra insieme? (fig. 272). Solo per mostrare, che il polo sud dell' ago si forma nel primo caso all'entrare della corrente positiva, e per contro nel secondo caso al suo uscire; e che poi, quando due attorcimenti son fatti allo stesso tubo di vetro, nascono i punti conseguenti. In tutte le figure *a* indica il polo sud, e *b* il polo nord. Ma or come la corrente positiva circola veramente in quegli apparati, relativamente a questa indicazione?

Ecco qua un bel pezzo di ferro dolce. Esso è al possibile di una compagine uniforme, curvato a ferro di cavallo, limato molto eguale alle due estremità; ravvolto con un grosso filo di rame e posto in comunicazione per i due capi in *a* e *b* coi poli di una semplice coppia; io non ho poi mancato di coprire di seta l'in-

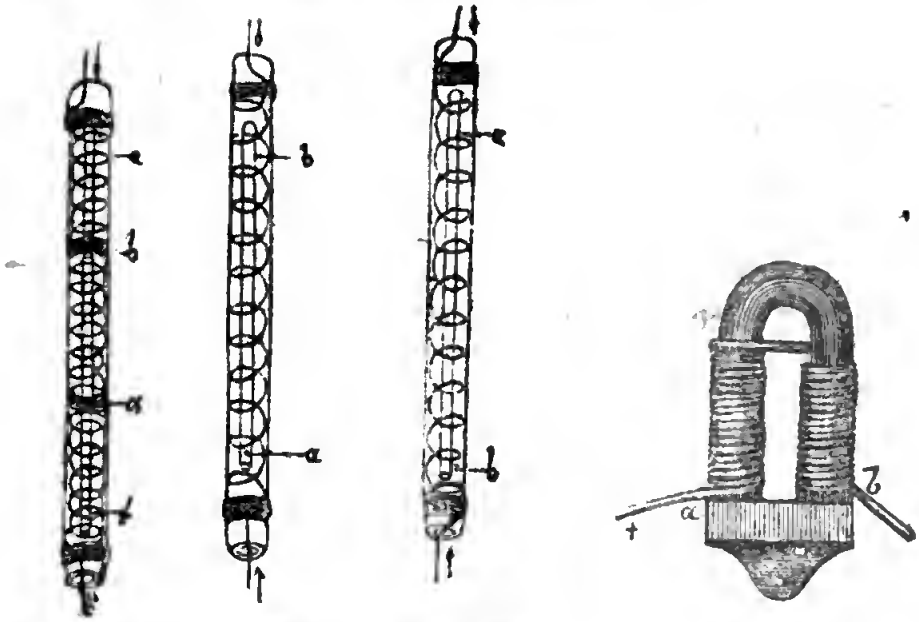


fig. 260 fig. 261 fig. 262 fig. 263

dicato filo, affinchè la corrente lo percorra per tutta la sua lunghezza, e non devii da una spira all'altra e non trapassi nel ferro e perchè eziandio si formino poli eteronomi alle due estremità, di svilupparlo dalla branca sinistra del ferro di cavallo a destra, e avvolgerlo alla branca destra a sinistra. Voi già avete imparato a conoscere per l'innanzi lo scopo dell'àncora.

Presupposto che il filo sia abbastanza grosso, ogni branca del ferro di cavallo lunga da 1 piede a 1 piede e mezzo, e la corrente elettrica di forza assai ragguardevole, noi possiamo avere ora il piacere di veder pendere all'àncora del ferro di cavallo, senza che le due parti si separino, 800 a 1000 libbre. A rispetto di una tal elettro-magnete appare ben da poco una magnete comune. — Poichè vi sono elettro-magneti che posseggono una forza portativa di sopra 2000 libbre voi non troverete ridicoli, ma piuttosto degni di attenzione gli sforzi de' meccanici a valersi di questa notevole attrazione per mettere in moto le macchine.

La figura 264 presenta un apparato molto acconcio a mostrare per che modo le *elettro-magneti posson essere adoperate come forza motrice.*

In un'assicella M N, di cui la figura 265 rappresenta la pianta, gira un incavo circolare, o vaschetta, che da una parete più bassa di forse una linea e mezzo, e fatta di una materia ben isolante, è diviso in due parti eguali. Nel centro di esso, e però sul ma-

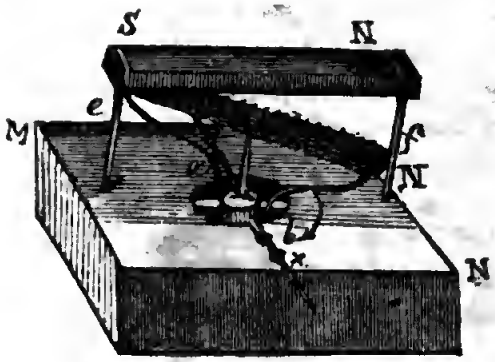


fig. 264

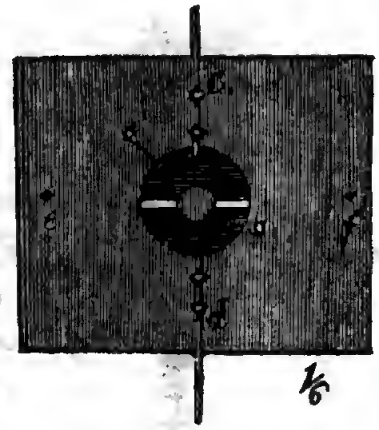


fig. 265

schietto rimasto fermo, si trova una punta di filo d'acciaio, e sopra questa un pezzo tondo di ferro dolce, a cui s'attorce un filo di rame ricoperto, e perchè possa girare liberamente come un ago magnetico, egli è quasi al tutto perforato nel suo mezzo.

Le due estremità del filo sono acuminate, ripiegate al di sotto verso il mezzo, e poi scendenti verticalmente; e inoltre sì lunghe che arrivano nella vaschetta, ma non trovano ostacolo a passar sopra la loro parete divisoria senza strisciarla. In ogni divisione della vaschetta arriva inoltre un filo di rame *c* e *d*, che si è fissato sull'assicella, e che mette in comunicazione con una semplice coppia galvanica l'argento vivo versato nelle due divisioni (questo liquido dee veramente stare più alto che la parete divisoria, ma non dee scorrere da una divisione nell' altra). Finalmente una verga magnetica è fissata anche sopra 2 fili *e* ed *f*, che si ripiegano superiormente ad angolo retto, e proprio a poca distanza sopra l'elettro-magnete, e quasi della stessa lunghezza che lei.

La figura 266 vi rappresenta un apparato assai più potente per lo stesso scopo. Non volendo entrare a descriverlo minutamente, mi restringo a notare principalmente quattro cose rispetto ad esso: 1. che è composto solo di 2 elettro-magneti, di cui la più grande AB è fissa, e la più piccola CD è circondata da essa, e può muoversi intorno ad un asse verticale; 2. che l'ultima si situa sempre in modo che il suo polo nord è vicino al polo sud dell'altra magnete, o anche per converso; 3. che se quell'elettro-magnete scambiasse i poli, il suo polo sud sarebbe respinto dal polo omonimo della elettro-magnete immobile, ed egli stesso si girerebbe tanto finchè i poli eteronomi si fossero avvicinati l'uno all' altro; 4. che, se succedesse uno scambio sempre nuovo dei poli, il movimento ro-

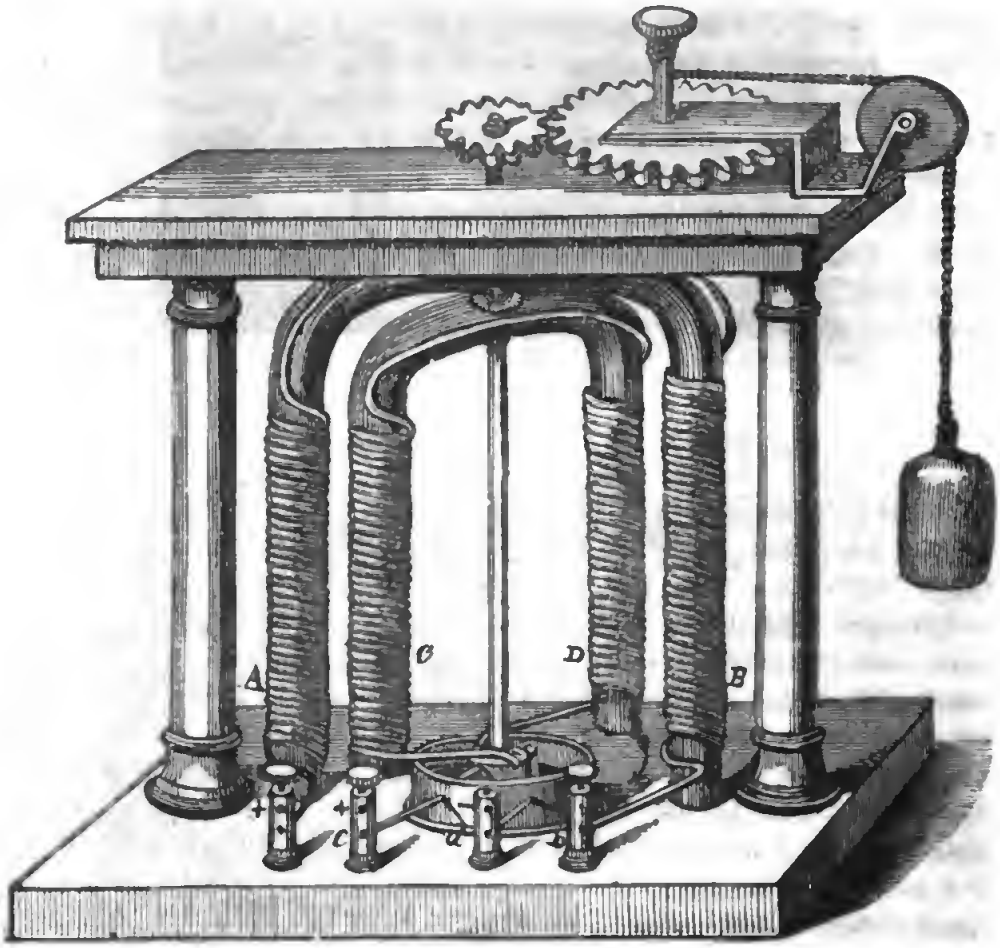


fig. 266

tatorio dovrebbe durare altresì *continuamente*, vale a dire *senza interruzione*.

A B e C D sono ora, come per innanzi, avvolti di fili di rame coperti, e le due parti della vaschetta sono piene di mercurio, secondo l'ordine predetto: due fili di rame uniscono poi le due parti della vaschetta con le piccole colonne d'ottone *c* e *d*; in queste finalmente sono avvitati i due fili polari di una semplice coppia galvanica. Le estremità del filo della elettro-magnete mobile trapassano ad ogni rotazione da una parte della vaschetta nell'altra; e prendono pertanto ora la corrente positiva, ora la negativa.

Le più grandi macchine elettro magnetiche sono state finora costrutte in Pietroburgo da Jacobi, inventore della galvano-plastica.

Egli adattò nella periferia di ciascuno dei due dischi, l'uno stabile e l'altro mobile, 8 elettro-magneti, e provò così il piacere di muovere uno schifo a dieci remi con 8 uomini sulla Newa, contro la corrente e il vento. Meno felice di lui ne' suoi tentativi fu il meccanico Wagner di Francoforte sul Meno; egli non riuscì che a muovere lentamente la locomotiva ch'egli voleva pure sospingere con la forza elettro-magnetica e non potè trar seco che un solo carro. Tutti i risultati che finora sono stati ottenuti col descritto apparato, ci lasciano in generale poca speranza di rendere praticamente applicabile il magnetismo come forza motrice.

§. 15.

La telegrafia elettrica.

L'esatta conoscenza delle forze elettriche e magnetiche della natura, onde noi al presente ci gioviamo, ha mano mano condotto ad un modo di comunicazione del pensiero, ch'è quasi indipendente da qualunque distanza. Io intendo la *telegrafia elettrica* o la scrittura a distanza. Del rimanente chi conosce le grandi difficoltà, che arreca seco la sua descrizione e dichiarazione, non può che approvare che io qui mi limiti allo stretto necessario.

Com'è noto, quando il disco di una macchina elettrica è girato, un filo ben isolato, che parta dal suo conduttore, dà ancora scintille ad una notevole distanza. Se si mette in comunicazione un altro di questi fili col cuscinetto della macchina si hanno le scintille, quando i due fili sono abbastanza appressati, non solo più vive, ma anche ad una distanza di gran lunga maggiore. Accadendo interruzione nei fili conduttori, saltano manifestamente da uno dei punti divisorii ad un altro. Ora poichè il numero e la successione delle scintille può seguire come noi intendiamo, così non occorre che la precedente intelligenza, per portare col loro mezzo una qualunque notizia ad un uomo posto nella prossima stazione.

L'idea di *attuare una corrispondenza alfabetico-telegrafica per mezzo dell'elettricità di confricazione* fu messa in campo da un tedesco di nome Reisser fin dal 1794. Costui escogitò di porre ad una stazione 26 tavolette di vetro, ciascuna delle quali contenesse una lettera intagliata in una stretta lamina di stagnuolo (la figura 267 vi mostra per esempio le lettere A e B). Di più egli aveva in

fig. 267

animo di far andare dall'estremità inferiore di ogni lamina di stagnuolo un filo ben isolato verso l'altra stazione, dove si scontrasse o col conduttore di una macchina elettrica, o con l'una dell'armature di una bottiglia di Leida. Finalmente un altro filo, pertanto come dire il vigesimo settimo, dovea mettere in comunicazione le estremità superiori di stagnuolo di tutte le tavolette di vetro x, non solo tra sè, ma anche con l'altra armatura della bottiglia. Per questo modo egli sperava, per mezzo della scarica della bottiglia di Leida a traverso l'una o l'altra lamina di stagnuolo, produrre scintille trapassanti alla lontana stazione nei vuoti della interrotta lamina di stagnolo, e così segnalare le lettere occorrenti in figure splendide e luminose. La sua idea non fu messa in atto, come non lo furon più tardi tant'altre simili, stantechè il perfetto isolamento dei fili conduttori per l'elettricità di confricazione offre troppe difficoltà.

Si è tentato di applicare alla telegrafia l'elettricità galvanica, come s'era fatto dell'elettricità di confricazione. — Sommering in Monaco l'anno 1808 costruì un apparato, nel quale metteva a profitto la decomposizione dell'acqua per mezzo della pila voltaica per dare diversi segnali ad una qualsivoglia lontana stazione. Laddove adunque egli voleva far giungere una notizia, stavano rovesci in un angusto recipiente 35 bicchierini pieni d'acqua, in ciascuno d'essi metteva l'estremità dorata d'uno dei 35 fili, che venivano da quella stazione, donde si aspettava una notizia. In quest'ultimo luogo ogni filo andava ad un piccolo cilindro separato d'ottone, pel cui mezzo ogni coppia di fili poteva essere messa in comunicazione coi poli di una pila voltaica. Ciascun bicchierino era contrassegnato con un numero od una lettera; ogni cilindro d'ottone all'altra stazione portava inoltre il segno di quel bicchierino, col

quale lo metteva in comunicazione lo stesso filo. È facile vedere come agisse il descritto apparato.

Se per es. due di quei cilindri erano messi in comunicazione coi poli di una pila voltaica, la corrente galvanica che si produceva nel bicchierino, dove mettevano capo i fili pe' quali essa circolava, decomponeva l'acqua, e le sue parti aeriformi, che salivano in alto in forma di piccole bolle che si succedevan l'una l'altra, davan due segni. Sempre appariva il numero o la lettera del bicchierino che rendeva prima libero l'idrogeno. I 35 fili di comunicazione erano al possibile ben isolati e in qualche distanza dall'apparato legati ad una corda.

Tutto questo è dimostrato assai chiaramente dalla figura 268. A A designa il serbatoio d'acqua coi bicchierini di segnale (i fili conduttori finiscono in punte, e ascendono nella cassetta d'acqua) B B l'apparato per chiudere il circuito della pila voltaica C; D la corda donde escono i fili diversi, e si connettono coi cilindri sporgenti, che hanno un'apertura conica; x o y il filo con cui si chiude il circuito della pila, e che s' attacca ad un' asticella metallica, posta in quell'apertura del cilindro. Or quando l'asticella del polo positivo è congiunta, fate conto, col cilindro J e quella del negativo col cilindro S, la corrente galvanica trova un circuito chiuso. Venendo da X, entra cioè nel filo conduttore che appartiene a J, e da questo nel bicchierino d'acqua *i* dell'altra stazione — qui prende il suo cammino a traverso l'acqua del serbatoio, e sale nel bicchierino *s* ancora nel filo conduttore unito con questo — poi retrocede alla prima stazione, entra nel cilindro S, e arriva finalmente a traverso il filo y al polo negativo della batteria. Ma qual è il principal risultato di tutto ciò? brevemente questo, che nel serbatoio d' acqua A, dove al polo positivo della batteria si accoglie l'ossigeno e al negativo l'idrogeno dell'acqua decomposta, nel bicchierino *i* si presenta l'ossigeno, nel bicchierino *s* l'idrogeno. Il segnale che ne viene indica pertanto S J. Sebbene anche dopo Sommering altri si siano acquistato merito nell' attuare e perfezionare l' idea in discorso, tuttavia fu col tempo quasi del tutto abbandonata.

Vengo ora all'*applicazione dell'elettro-magnetismo alla telegrafia* e la mostro in un apparato, che è almeno atto in alcun modo a darcene un'idea piuttosto soddisfacente.

M N (fig. 268) indica una tavoletta di legno; O P un'altra tavoletta della stessa specie eretta sulla prima. La seconda serve a portare comodamente in primo luogo una campanetta d'orologio, e in secondo luogo una piccola elettro-magnete di ferro ben dolce,

fig. 268

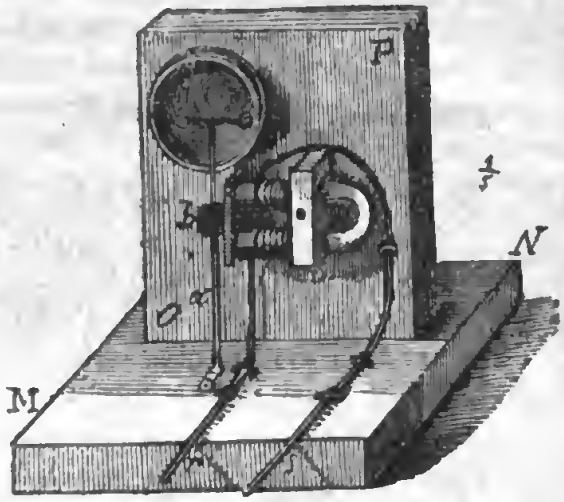


fig. 269

tenuta fissa da un pezzo traversale di legno e da una vite. Le estremità di quel filo metallico, che gira intorno all'elettro-magnete, si trovano sulla prima tavoletta, e pertanto sopra M N, e sono qui congiunte per mezzo di viti a morsa con le estremità del filo che vengono dalla lontana pila galvanica. Badate ora specialmente al filo a molla *a*. Questo è al disopra, precisamente entro alla campana, un poco ricurvo e porta quivi un pezzo traversale munito di due bottoni; nel suo mezzo voi vedete inoltre fissata una piccola piastra di ferro dolce *b*, che sta di contro ai poli della elettro-magnete e si può appoggiare leggermente a questi. Per impedire che all'aprirsi del circuito il magnetismo che rimane indietro tenga ferma la piccola piastra di ferro alla magnete, vi s'incolla una striscia di carta. Or quando altri per mezzo dei fili, che sono avvitati in *r* ed *s*, apre e chiude a vicenda il circuito della lontana pila, la piccola piastra di ferro ora è attratta dalla magnete, ora ne è allontanata in forza del filo elastico. Il precipuo effetto in tutto ciò è il battere della campana. Non occorre altro per intendere che per la diversa interruzione ne' suoni si può dare una quantità di segnali convenuti.

I telegrafi elettrici, che sono in uso al presente, si dividono in telegrafo ad ago, a lettere ed a pressione. Ciascuna di queste tre specie poi subisce tante varietà che se io volessi entrare per un poco a descriverli o spiegarli, trapasserei di gran lunga i confini di un libro qual è il presente (*).

(*) Chi desiderasse avere più particolare notizia della telegrafia elettrica, ri-

§. 16.

I fenomeni magneto-elettrici.

Quando i fisici ebbero veduto che ogni ferro attorniato dalla corrente galvanica diventa magnetico, non pochi supposero che viceversa delle correnti elettriche dovessero trovarsi intorno ad una magnete. Faraday, scienziato inglese, nel 1831, ridusse questa supposizione a certezza. Egli avvolse cioè ad un cilindro di legno (egli avrebbe potuto anche servirsi d'un cilindro metallico) un filo di rame coperto, congiunse le due estremità dell'ultimo *m* ed *n* (fig. 270) col così detto moltiplicatore, strumento nel quale un filo di rame si attorce a spire intorno ad un ago magnetico, ed ebbe il piacere, nel mentre ch'egli poneva la magnete nel cilindro o che ne la rimoveva, di veder deviare l'ago del moltiplicatore dalla sua primiera direzione. È manifesto che in una tale esperienza si produce un effetto sugli attorcimenti chiusi del filo metallico mediante l'avvicinamento e l'allontanamento della magnete. Ma l'effetto può

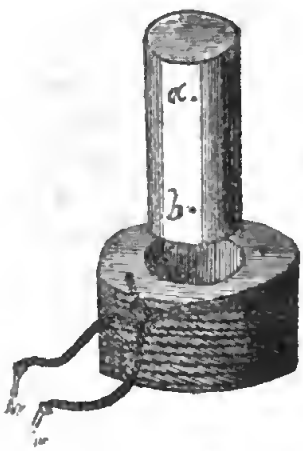


fig. 270

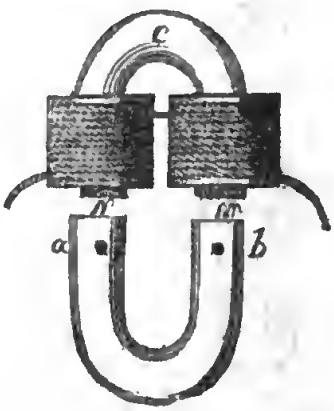


fig. 271

anche cominciare quando i fluidi magnetici nel ferro si separano e cessare quando di nuovo si riuniscono, o quando il ferro torna nel suo stato non magnetico. Questo si dimostra nel seguente modo.

corra al bel libro del D. Schellen: Il Telegrafo elettro-magnetico nei particolari stadii del suo sviluppo, e nella sua presente perfezione e applicazione con una Introduzione alla Telegrafia ottica ed acustica, ed un'appendice sugli orologi elettrici. Brunswick, Stamperia e Libreria di Federico Vieweg e Figlio.

Sia *a b* (fig. 271) una vigorosa calamita; *m c n* un pezzo di ferro dolce, ricurvo del pari a ferro di cavallo, le cui branche sono attorte con lo stesso lungo filo coperto nel modo che si sa, così che esse quando una corrente lo attraversa formino poli eteronomi. Le due estremità del filo si congiungono insieme a sufficiente distanza dal ferro e dalla magnete. E qual'è l'effetto di tutto ciò? 1. un semplice ago magnetico, sopra o sotto il quale si conduce il filo, è deviato dalla sua direzione primiera; 2. esso, quando altri avvicina prestamente la magnete *a b* alle branche del ferro *m n* manifesta una corrente, che ha la direzione opposta all'altra corrente, che accerchia il ferro dolce, divenuto una magnete; finalmente, 3. la corrente indotta, quando si allontana di nuovo la magnete *a b*, possiede egual direzione con la corrente del ferro dolce, che però al presente è scomparsa. Se si tengono le due estremità del filo un poco distanti l'una dall'altra, ad un rapido avvicinamento scatta una scintilla, come pure avviene ad un simile allontanamento della magnete; se altri poi si reca in mano ciascuna delle estremità del filo, avverte a pari circostanze una scossa, che talora è abbastanza forte da compararsi a quelle di una piccola bottiglia di Leida. Ambi i fenomeni sono indubitatamente una validissima prova, che la corrente indotta nel filo è prodotta dalle correnti magnetiche.

Quando altri congiunge il ferro a forma di ferro di cavallo *m c n* con un asse verticale, tantochè le due sue estremità, quando entra in moto, sdrucciolino proprio sotto ai poli della magnete *a b*, devono ad ogni rotazione intera introdursi nel filo due correnti di opposte direzioni: l'una, quando la branca *m* si avvicina al polo sud, e la branca *n* al polo nord — l'altra, mentre per converso *m* si avvicina al polo nord, e *n* al polo sud della calamita — Su questo si fonda in generale il meccanismo della *macchina di rotazione magneto-elettrica*. Sopr'essa udite anche il poco che segue.

Nella fig. 272, J ed H segnano le due spirali d'induzione; N e S i poli di una vigorosa calamita a ferro di cavallo; *h* e *k* le estremità del filo ricoperto. I cilindri di ferro, intorno a' quali si attorcono F ed H, sono fissati ad una piastra di ferro e posseggono, perchè stanno incontro a N e S, gli opposti poli magnetici. La rotazione dell'asse segue per mezzo d'un manubrio. Quanto al filo, che p. e. deve cominciare in *h*, si noti, che esso, dopo formata la spirale J, trapassa in *x* all'altro cilindro di ferro, e cinge anche questo con molte spire; brevemente rappresenta un solo filo, lungo, non interrotto, e che termina in *k*.

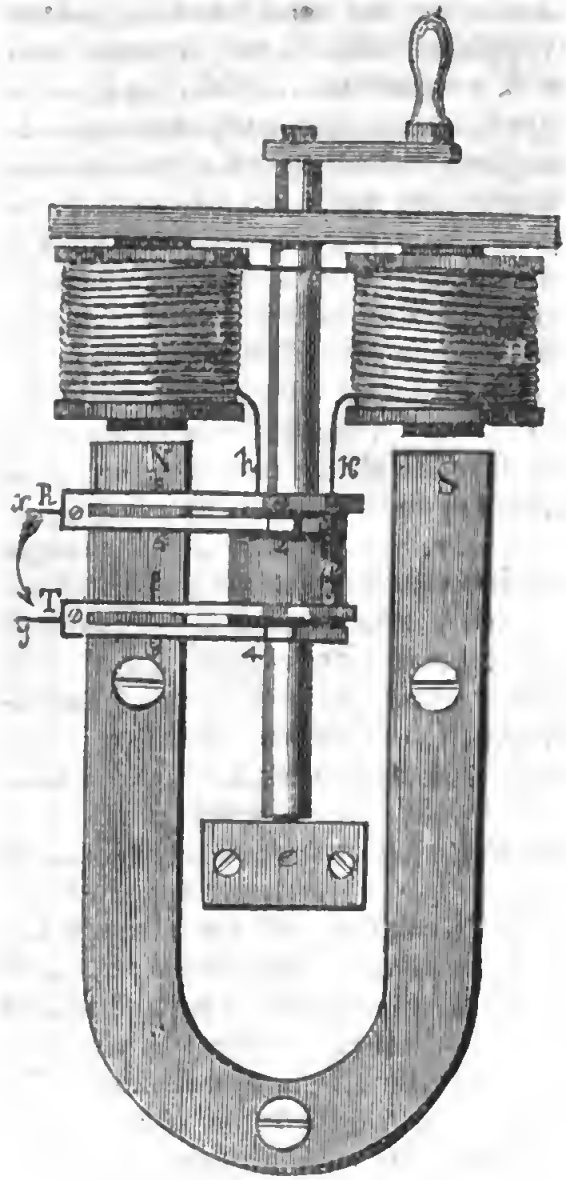


fig. 272

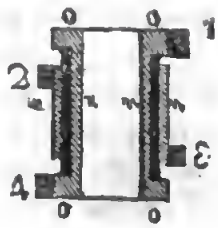


fig. 273

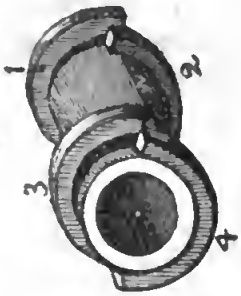


fig. 274

Da quanto è detto sopra già sappiamo che i poli dei due cilindri di ferro si scambiano ad ogni mezza rotazione dell'asse, e pertanto inducono nelle spirali J ed II, se *h* e *k* sono in comunicazione, una corrente elettrica con una direzione alternativamente opposta.

All'asse sono inoltre fissati due tubi di ottone, figurati a parte nelle figure 273 e 274, e separati l'uno dall'altro per un sottile tubo di bosso (nella figura principale la sezione del tubo isolante

è tutta nera). Le estremità del primo tubo di ottone *m*, portano due pettini d'acciaio 2 e 3; i risalti dell'ultimo *n* portano parimenti due di tali pettini 1 e 4. L'estremità del filo *k* conduce al pettine 1, l'estremità del filo *h* al pettine 2. Le estremità anteriori fesse delle due molle d'acciaio piatte sottili R e T, che si possono avvitare a piacere all'intelaiatura della macchina, toccano lievemente dal di sopra i pettini d'acciaio. R si divide nei rebbi *a* e *b*, F nei rebbi *f* e *g*. I fili *x* e *y*, che noi vediamo fissati nella figura principale ad R e T, servono a condurre la corrente d'induzione per ogni corpo che si voglia, anche a traverso una persona.

Nella posizione rappresentata nella nostra figura, *b* e *g* toccano i pettini 2 e 4, mentre *a* ed *f* sono liberi. Poichè 2 riceve l'elettricità positiva da *h*, mentre 4 è in comunicazione con l'estremità negativa del filo *k*, quell'elettricità va da *h* a traverso 2 e *b* al filo *x*, e di quivi trapassa in *y*, per arrivare per *g* e 4 all'estremità negativa del filo. Ma ora dopo un mezzo giro dell'asse *k* diviene l'estremità positiva, e *h* la negativa; *a* scorre sopra 1 e *f* sopra 3; e pertanto l'elettricità positiva va da *k* a traverso 1, *a* e *x* in *y*. Nell'istante che un qualsivoglia pettine di acciaio abbandona la sua molla, nasce una interruzione della corrente circolante e con quella insieme una vivace scintilla elettrica. Queste scintille cagionano appunto le scosse che ogni uomo che si ponga tra *x* ed *y* riceve, e che quando la rotazione si fa assai presto, divengono insopportabili.

Per mezzo di una macchina di rotazione elettro-magnetica si possono arroventare anche i fili di platino, decomporre l'acqua nelle sue parti costituenti, dare una notevole forza portativa ad una elettro-magnete ecc.

§. 17.

I pesci elettrici.

Il numero dei pesci elettrici è piccolo. Oltre il ginnoto, la torpedine e il siluro non v'è forse altro pesce che sia dotato della forza di dare scosse elettriche.

La torpedine vive principalmente nel mare Mediterraneo, arriva al più ad una lunghezza di 4 piedi e ad una larghezza di 3 piedi e 1|2; era già conosciuta dagli antichi, ed ha servito sempre più che ogni altro dei pesci nominati all'esame dell'organo elettrico. Secondo che voi la prendete colla mano solo dall'un lato, o al me-

desimo tratto dall'altro lato, la scossa, con la quale in certo modo vi punisce, è più debole o più gagliarda. Se sta sopra un piatto di metallo, voi non avete nulla a temere da lei quando la toccate solo con una mano; ma avviene tutto l'opposto quando appoggiate l'altra mano sulla sua schiena, senza togliere il precedente contatto. Nell'ultimo caso voi ricevete effettivamente una scossa assai sensibile.

La forza della scossa dipende inoltre dall'arbitrio e dalla passione dell'animale che la produce. — Le prime scosse p. e. che dà il ginnoto, pesce lungo 5 in 6 piedi che si trova nei laghi dell'America del sud, sono da dire quasi deboli; le successive si sentono già più, e crescono anche di forza nel grado che il pesce contende e si irrita; finalmente quelle scosse per le quali si difende nel suo pieno furore sono formidabili; sbalordiscono quasi instantaneamente gli altri pesci, e gettano a terra cavalli, muli, ed anche l'uomo più gagliardo. Non mancano esempi che le scosse del ginnoto abbiano intormentito braccia e gambe. Invece di far menzione di altri esperimenti e fenomeni, io noto subito che i dotti hanno scoperto grandi analogie tra l'elettricità propriamente detta e la forza che risiede nel soprannomato pesce; l'acqua, i metalli, in generale tutti i conduttori dell'elettricità propagano p. e. anche l'ultima; si può anche estrarre una scintilla dai pesci elettrici, almeno dalla torpedine, quando noi di due armature metalliche ne poniamo una sul dosso, l'altra sul ventre di essa torpedine.

L'organo, dal quale è determinata quella forza meravigliosa, è conforme nelle parti più essenziali in tutti i pesci elettrici, per quanto possa parere diverso in grandezza, figura e disposizione; onde basta conoscere l'organo di uno di questi animali.

Riguardate dapprima la fig. 275; essa rappresenta la torpedine. È aperta da una parte, e ritratta per modo, che voi vedete distintamente il suo organo elettrico. Quest'ultimo si estende fino all'orlo anteriore del capo, tocca nella sua superficie anteriore alla pleura, e nella posteriore al peritoneo, e riceve una posizione fissa principalmente da ciò che la sua superficie esteriore s'appoggia alla cartilagine della pinna laterale e l'interiore alla musculatura del capo, e del tronco attiguo. Quattro grossi fascetti di nervi *d*, *e*, *f* e *g*, si vanno a perdere nel veramente mirabile apparato. — Le 800 a 900 parti, per lo meno, di cui è composto, guardate dal disopra o dal dissotto, appariscono cellule verticali, le più volte prismatiche, di rado rotondette, brevemente all'incirca quali voi le vedete rappresentate nella fig. 276; per contro a chi guarda

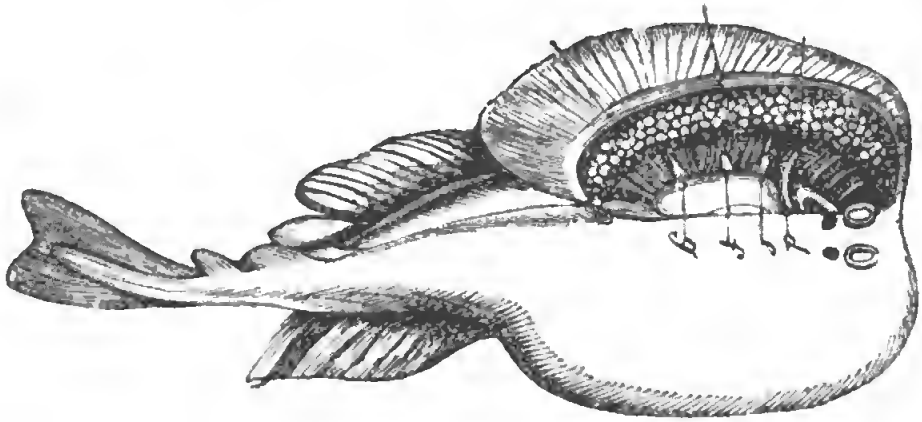


fig. 275

per lato appariscono come strie parallele ed attigue l'une all'altre (fig. 277). Ogni spazio che queste singolari bottiglie, ridivise per mezzo di pellicole traversali orizzontali in celle più piccole, lasciano tra sè, è traversato da sottili vasi sanguigni e pieni d'una

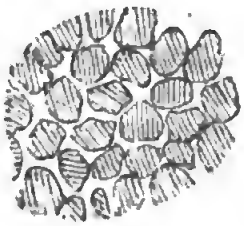


fig. 276 fig. 277

mucilagine gelatinosa. Quale analogia fra tutto l'organo e la pila del Volta messa in comunicazione con una batteria elettrica! La pelle un poco più fitta, aponeurotica, che determina il limite estremo di ciascuna cella, corrisponde più o meno a quelle verghe di cristallo, tra cui ho stabilito una volta la mia pila galvanica.

L'apparato pel cui mezzo il ginnoto dà le sue scosse sta lateralmente e al disotto della coda assai lunga, consta di quattro fascetti che sono composti di molte membrane orizzontali, separate da pareti verticali, e piene parimenti di una materia gelatinosa. Numerosi nervi, che fan capo a quei fascetti, caricano ed accumulano probabilmente l'elettricità in questa singolare batteria

galvanica. Nella torpedine la corrente positiva si dirige dalla schiena al ventre, nel ginnoto dal capo alla coda. La forza straordinaria, che il ginnoto manifesta nelle sue scosse, può essere solo ascritta alla circostanza, che in esso l'apparato elettrico ha acquistato una così notevole estensione.

§. 18.

Dei vantaggi dell'elettricità rispetto unicamente al corpo umano.

Se ne levi le febbri vi sono solo poche infermità, in cui l'elettricità non sia stata tentata e le più volte trovata anche efficace come rimedio. Di notevole importanza riesce ne' reumatismi, paralisi, infiammazioni, e in una gran quantità di malattie di simile specie. Volendo applicare allo scopo designato l'elettricità eccitata per confricazione. il medico ingiunge quasi sempre all'infermo di salire sopra uno sgabello isolante, e di toccar poi il conduttore della macchina elettrica o immediatamente con una mano, o per mezzo d'una verga di ottone. È chiaro che allora la mirabile materia attraversa il suo corpo; ma egli stesso si trova, come altri suole esprimersi, *in un bagno elettrico*. Per esporre poi qualsivoglia parte sofferente al così detto *vento elettrico*, il medico prende tali disposizioni, che l'elettricità vi corre per mezzo di sottili punte. Ordinariamente si serve a ciò della *ruota elettrica*. In questo semplice instrumento sopra una punta conduttrice *c p* (fig. 278), che sta in comunicazione col conduttore della macchina, è posta una verghetta di metallo acuminata, piegata ai due lati in direzioni opposte, che si trova in equilibrio, e si gira con somma facilità. Tostochè la macchina viene in azione, comincia anche quella a descrivere il suo cerchio in un piano orizzontale, ed insieme, se facciamo l'esperienza all'oscuro, ci mostra bei fascetti di luce, che effluiscono dalle due punte. Niun'altra di codeste applicazioni ricerca del resto maggior cura e precauzione che quella per cui il medico porta i membri malati nella sfera d'azione d'una bottiglia di Leida.

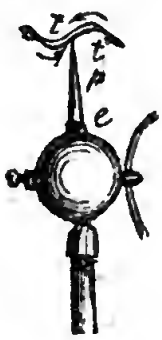


fig. 278

Sapendo bene quanto l'elettricità galvanica irriti i nervi e i muscoli, i medici hanno molte volte tentato di applicarla a richiamare in vita gli affogati, gli asfissiati, i percossi dal fulmine, ed altri infelici, e la loro fatica è stata non di rado coronata dal più bel successo. Se voi voleste un giorno fare un tal esperimento, non avete che ad appoggiare i conduttori del galvanismo alla fronte, agli occhi, alle labbra, alla fontanella dello stomaco, all'orecchia interna, e in generale a quei luoghi dove s'adunano in maggior copia i nervi. Per questo modo infatti torna, negli apparentemente morti, anche alla prima il sentimento, e la circolazione del sangue. Finchè la corrente elettrica eccita contrazioni in un essere umano, non è spenta tutta la forza della vita; allora solo dobbiamo supporre che sia assolutamente morto, quando le sue parti non sono più menomamente sensibili al galvanismo.

Ancora più che dell'elettricità di confricazione e galvanica si è fatto uso recentemente dell'elettricità magnetica pel fine in discorso. I così detti apparati di rotazione sono quasi nelle mani d'ogni medico. Tuttavia a voler dire solo il più importante intorno a questa applicazione, converrebbe trapassare dall'un lato i confini del presente libro, e dall'altro non è troppo da inculcarsi perchè questo nuovo metodo curativo delle più diverse infermità è ancora a dir così un bambino nella culla, e noi abbiamo ad aspettarci da lui nei prossimi anni ben molto, forse anche troppo.

IL FINE.

Digitized by Google

INDICE

DELLE MATERIE

Gli Editori . . . . . pag. III
Introduzione . . . . . » 1

SEZIONE PRIMA

Delle proprietà generali dei corpi.

§. 1. Cenni intorno ai corpi e alle loro proprietà in generale . . . pag. 4
§. 2. Dell'estensione dei corpi . . . . . » 5
§. 3. Della porosità dei corpi . . . . . » 7
§. 4. Dell'impenetrabilità dei corpi . . . . . » 9
§. 5. Della divisibilità dei corpi . . . . . » 10
§. 6. Dell'attrazione dei corpi. a) *Dell'attrazione dei corpi come coesione* . . . . . » 12
b) *Dell'attrazione come adesione* . . . . . » 18
c) *Dell'attrazione chimica e dell'affinità elettiva dei corpi* » 20
d) *Dell'attrazione dei corpi remoti, o della loro gravità (gravitazione)* . . . . . » 25
§. 7. Dell'inerzia o della forza di permanenza dei corpi . . . . . » 27

SEZIONE SECONDA

Del moto e dell'equilibrio dei corpi solidi.

§. 1. Della quiete e del movimento dei corpi solidi in generale . . . pag. 31
§. 2. Delle diverse specie di moto . . . . . » 32
§. 3. Del movimento uniforme dei corpi . . . . . » 34
§. 4. Del movimento uniformemente accelerato, e del movimento costantemente ritardato dei corpi. a) *Del movimento uniformemente accelerato* . . . . . » 39
b) *Del moto costantemente ritardato* . . . . . » 44

§. 5. Dei movimenti liberi curvilinei dei corpi. a) *I movimenti di proiezione* . . . . . pag. 46
b) *I moti centrali* . . . . . » 48
§. 6. Dei movimenti non liberi curvilinei dei corpi, o delle vibrazioni ed oscillazioni del pendolo . . . . . » 51
§. 7. Dei movimenti dei corpi per impulsione . . . . . » 57
a) *Dell'urto retto.* a) Dell'urto retto dei corpi non elastici . » 59
b) L'urto diretto dei corpi elastici . . . . . » 62
b) *Dell'urto obliquo* . . . . . » 65
§. 8. Del centro di gravità dei corpi . . . . . » 65
§. 9. Della leva . . . . . » 70
§. 10. Degl'instrumenti o macchine di speciale importanza, che si fondano sopra le leggi della leva. a) *La bilancia* . . . . . » 77
b) *La stadera* . . . . . » 79
c) *Della puleggia e del polispasto* . . . . . » ivi
d) *Il fusolo della ruota del mulino* . . . . . » 83
§. 11. Del piano obliquo o inclinato . . . . . » 85
§. 12. Macchine di speciale importanza, fondate sulle leggi del piano inclinato. a) *Il cuneo* . . . . . » 87
b) *La vite e la vite perpetua* . . . . . » 88

SEZIONE TERZA

Del movimento e dell'equilibrio dei liquidi.

§. 1. Dell'acqua in confronto a diversi altri liquidi . . . . . pag. 90
§. 2. Della dilatabilità, compressibilità ed elasticità dell'acqua . . . » 92
§. 3. Della gravità dell'acqua in generale . . . . . » 95
§. 4. Della pressione dell'acqua sull'acqua e sopra altri corpi . . . » 96
§. 5. Macchine di speciale importanza che si fondano sulla pressione dell'acqua. a) *Il livello idraulico* . . . . . » 104
b) *Il sifone anatomico* . . . . . » 105
c) *Il mantice idrostatico* . . . . . » 106
d) *La fontana idrostatica* . . . . . » ivi
e) *Il torchio idraulico* . . . . . » 107
§. 6. Dell'equilibrio dei corpi immersi nell'acqua . . . . . » 109
§. 7. Del peso specifico dei vari corpi . . . . . » 116
PROBLEMA PRIMO. — Determinare il peso specifico d'un corpo solido, che non assorbe punto acqua, è più grave di questo liquido, e non si scioglie in esso . . . . . » 117
PROBLEMA SECONDO. — Trovare il peso specifico d'un corpo solido, che assorbe bene l'acqua, ma che pure non è più pesante di lei, e che in lei non si scioglie . . . . . » 118

PROBLEMA TERZO. — Trovare il peso specifico d'un corpo solido, che non assorbe acqua, non si scioglie in essa, ma è più leggiero di lei . . . . . pag. ivi
PROBLEMA QUARTO. — Determinare il peso specifico d'un liquido . . . . . » 119
PROBLEMA QUINTO. — Trovare il peso specifico d'un corpo solido che si scioglie nell'acqua . . . . . » ivi
Tabella del peso specifico di alcuni corpi alla temperatura 0 gradi . . . . . » 120
PROBLEMA PRIMO. — Trovare il volume di un corpo liquido qualunque per mezzo del pesamento sull'acqua . . . . » 123
PROBLEMA SECONDO. — Determinare allo stesso modo quanto di ciascuna delle diverse, ma conosciute materie di cui un corpo solido è meccanicamente composto, egli contenga . » ivi
§. 8. Della dilatabilità dell'acqua rispetto a certi altri corpi . . . . . » 124

SEZIONE QUARTA

Del moto e dell'equilibrio dei fluidi elastici.

§. 1. Dell'esistenza dell'aria . . . . . pag. 128
§. 2. Delle proprietà dell'aria in generale . . . . . » 129
a) *Della dilatabilità dell'aria* . . . . . » ivi
b) *Della gravità dell'aria* . . . . . » 130
§. 3. Del barometro . . . . . » 131
§. 4. La macchina pneumatica . . . . . » 141
§. 5. Di alcuni istrumenti, dimostranti le proprietà dell'aria. a) *Il sifone* . . . . . » 153
b) *L'imbuto magico* . . . . . » 154
c) *Il sifone aspirante* . . . . . » 155
d) *La coppa incantata o il bicchiere da burle* . . . . » 156
e) *La fontana d'Erone* . . . . . » 157
f) *Il globo d'Erone* . . . . . » 158
g) *I diavoletti di Cartesio* . . . . . » 160
h) *Il fucile a vento* . . . . . » 161
i) *La tromba aspirante* . . . . . » 165
k) *La campana del palombaro* . . . . . » 165
l) *Le trombe da fuoco* . . . . . » 166
§. 6. Delle principali specie d'aria o di gas. a) *Dell'aria respirabile o vitale* . . . . . » 168
b) *Dell'aria irrespirabile* . . . . . » 171
c) *L'aria infiammabile* . . . . . » 175
1) La macchina d'accensione dell'idrogeno . . . . » 174

2) Il gasometro dell'illuminazione a gas . . . . . pag. 175
3) Il globo aereostatico . . . . . » 176
4) *L'acido carbonico* . . . . . » 183

SEZIONE QUINTA

Del suono.

§. 1. Della produzione del suono. . . . . pag. 185
§. 2. Della propagazione del suono . . . . . » 188
§. 3. Della velocità del suono . . . . . » 190
§. 4. Della ripercussione del suono . . . . . » 192
a) *L'eco* . . . . . » 193
b) *Il tubo di comunicazione* . . . . . » 196
c) *La tromba parlante* . . . . . » ivi
d) *La tromba acustica* . . . . . » 197
e) *La volta parlante* . . . . . » ivi
§. 5. Delle vibrazioni delle corde. . . . . » 199
§. 6. Delle vibrazioni delle pelli tese. . . . . » 207
§. 7. Delle vibrazioni delle verghe rette e curve . . . . . » ivi
§. 8. Le vibrazioni delle superficie solide così rette come curve . . . » 208
§. 9. Delle vibrazioni dell'aria . . . . . » 213
§. 10. La risonanza o la consonanza dei corpi . . . . . » 216
§. 11. Della forza del suono . . . . . » 218
§. 12. Dei limiti dell'udibilità giusta l'altezza e la profondità . . . . » 220
§. 13. Degli organi vocali dell'uomo . . . . . » 221
§. 14. Gli organi dell'udito dell'uomo. . . . . » 222

SEZIONE SESTA

Del calorico.

§. 1. Alcuni cenni sul calorico in generale . . . . . pag. 227
§. 2. Dei mezzi che eccitano il calorico . . . . . » 228
Quanto più verticalmente i raggi del sole percuotono un corpo, tanto più calore producono; quanto più obliquamente, tanto meno calore . . . . . » 230
Quanto più concentrati o riuniti i raggi del sole cadono sopra un corpo, tanto più calore eccitano . . . . . » 231
Gli oggetti di color chiaro e levigati, in quanto respingono i raggi solari, sono sempre assai meno riscaldati che gli oggetti di color scuro e non levigati, che al contrario li ricettano volentieri . . . . . » 232

Il calorico si genera non solo nella maggior parte delle combinazioni chimiche, ma anche in molte aggregazioni meccaniche . pag. 234
§. 3. Della dilatazione dei corpi al crescere del calore, o della loro contrazione al suo decrescere . . . . . » 239
§. 4. Del termometro o misuratore del calore . . . . . » 244
§. 5. Del pirometro o misuratore del fuoco . . . . . » 251
§. 6. Della propagazione del calorico . . . . . » 254
§. 7. Del calorico latente o libero . . . . . » 261
§. 8. Di alcuni fenomeni naturali particolarmente notevoli. a) *Della rugiada* . . . . . » 267
b) *La brina* . . . . . » 269
c) *La nebbia* . . . . . » 271
d) *Le nuvole* . . . . . » 272
e) *La pioggia* . . . . . » 275
f) *La neve* . . . . . » 277
g) *La grandine* . . . . . » 279
§. 9. Del calorico specifico . . . . . » 280
§. 10. Le macchine a vapore . . . . . » 282

SEZIONE SETTIMA

La luce.

§. 1. Cenni sopra la luce in generale . . . . . pag. 294
§. 2. Della propagazione della luce . . . . . » 297
§. 3. Della rapidità della luce. . . . . » 299
§. 4. La forza della luce . . . . . » 301
§. 5. Della riflessione della luce in generale . . . . . » 303
§. 6. Lo specchio piano . . . . . » 305
§. 7. D'alcuni instrumenti fondati principalmente sullo specchio piano.
a) *Il caleidoscopio* . . . . . » 309
b) *L'occhialino magico* . . . . . » ivi
c) *Il mondo nuovo* . . . . . » 31[illegible]
§. 8. Lo specchio curvo. a) *Dello specchio curvo in generale* . . » 31[illegible]
b) *Dello specchio curvo come specchio collettivo* . . . » 31[illegible]
c) *Dello specchio curvo come specchio di dispersione* . . » 31[illegible]
§. 9. Diverse applicazioni di specchi curvi. a) *Lo specchio collettivo come specchio d'illuminazione* . . . . . » 31[illegible]
b) *Dello specchio collettivo come specchio ustorio* . . . » 31[illegible]
c) *Dello specchio collettivo come specchio magico* . . . » iv
§. 10. Della rifrazione della luce in generale . . . . . » 31[illegible]
§. 11. Della rifrazione della luce . . . . . » 32[illegible]
a) *I vetri pioni* . . . . . » i

b) *Dei vetri curvi.* *aa*) Dei vetri curvi in generale . . . pag. 324
bb) Dei vetri curvi come vetri collettivi . . . . . » 325
cc) Dei vetri curvi come vetri dispersivi . . . . . » 327
§. 12. Dei colori . . . . . » 329
§. 13. Di alcuni fenomeni ottici dell'atmosfera. a) *L'arcobaleno* . . » 333
b) *Dei cerchi luminosi intorno al sole ed alla luna, ovvero dell'alone o corona* . . . . . » 339
c) *Dei parelii e paraseleni* . . . . . » 340
d) *L'azzurro del cielo* . . . . . » 341
e) *Il rosseggiar del cielo la sera e la mattina* . . . . » ivi
f) *Del crepuscolo e dell'alba* . . . . . » ivi
g) *La luce zodiacale* . . . . . » 342
§. 14. Dell'organo della vista nell'uomo . . . . . » ivi
§. 15. Dell'angolo visuale, o della grandezza apparente degli oggetti . . » 349
§. 16. Di alcuni instrumenti che si fondano particolarmente sopra le proprietà dei vetri curvi. a) *Gli occhiali* . . . . . » 352
b) *Dei microscopii o lenti che aggrandiscono* . . . . . » 354
c) *Il microscopio a lampada o la lanterna magica* . . » 357
d) *La camera oscura* . . . . . » 358
e) *I telescopii o canocchiali* . . . . . » 362
aa) Il canocchiale di Galileo, o canocchiale olandese . » ivi
bb) Il canocchiale di Keplero o astronomico . . . . » 363
cc) Il telescopio terrestre . . . . . » 364
dd) Il canocchiale nevtoniano . . . . . » 365

SEZIONE OTTAVA

Il magnetismo.

§. 1. Della forza attrattiva della magnete . . . . . pag. 367
§. 2. Della polarità della calamita . . . . . » 369
§. 3. Dell'eccitazione del magnetismo nel ferro e nell'acciaio . . . . . » 373
§. 4. L'ago magnetico . . . . . » 379
§. 5. Del magnetismo terrestre . . . . . » 382

SEZIONE NONA

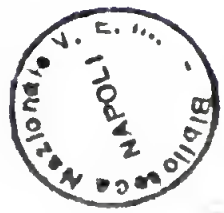
L'elettricità.

§. 1. Cenni preliminari sopra le proprietà più importanti dell'elettricità pag. 384
§. 2. Dei conduttori e non conduttori dell'elettricità . . . . . » 385
§. 3. La macchina elettrica . . . . . » 387
§. 4. Di alcuni esperimenti da farsi facilmente per mezzo d'una macchina elettrica . . . . . » 392

Digitized by Google

§. 5. L'elettroscopio o l'elettrometro . . . . . pag. 397
§. 6. Le due specie d'elettricità . . . . . » 399
§. 7. L'elettricità decomposta . . . . . » 404
§. 8. L'elettricità accumulata. a) *La bottiglia di Leida* . . . . . » 407
b) *La batteria elettrica* . . . . . » 411
§. 9. Di alcuni esperimenti da farsi agevolmente per mezzo della bottiglia di Leida e della batteria elettrica . . . . . » 413
§. 10. L'elettroforo . . . . . » 417
§. 11. Il condensatore . . . . . » 421
§. 12. L'elettricità atmosferica. — *La procella ed altri fenomeni naturali connessi con lei* . . . . . » 423
§. 13. Dell'elettricità galvanica o di contatto . . . . . » 430
§. 14. I fenomeni elettro-magnetici . . . . . » 443
§. 15. La telegrafia . . . . . » 449
§. 16. I fenomeni magneto-elettrici . . . . . » 454
§. 17. I pesci elettrici . . . . . » 457
§. 18. Dei vantaggi dell'elettricità rispetto unicamente al corpo umano » 460

SBN 010249



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google